

repository.ub.ac.id

**OPTIMASI PAKAN BIBIT UNGGUL SAPI JANTAN
MENGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (PSO)
(Studi Kasus pada Balai Besar Inseminasi Buatan Singosari)**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Daniel Agara Siregar
NIM: 135150200111144



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

PENGESAHAN

OPTIMASI PAKAN BIBIT UNGGUL SAPI JANTAN
MENGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (PSO)
(Studi Kasus pada Balai Besar Inseminasi Buatan Singosari)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Daniel Agara Siregar
NIM: 135150200111144

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
02 Agustus 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom
NIK: 201201 850719 1 001

Bayu Rahayudi, S.T, M.T
NIP: 19740712 200604 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 02 Agustus 2018

Daniel Agara Siregar

NIM: 135150200111144



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan YME yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik oleh penulis. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom selaku dosen pembimbing skripsi I yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pemikirannya untuk membimbing, berdiskusi dengan penulis dan membantu penyelesaian penelitian ini dengan baik.
2. Bapak Bayu Rahayudi, S.T, M.T selaku dosen pembimbing skripsi II yang telah menyediakan waktu dan memberikan banyak masukan dan motivasi kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Seluruh dosen Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas kesediaan membagi ilmunya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Yudhi Mahendra, A.Md. dan Bapak Kayat, S.Pt selaku pakar di bidang pakan, kesehatan hewan dan hasil uji laboratorium kualitas semen sapi jantan di BBIB Singosari yang telah bersedia menjadi narasumber serta membimbing penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Orangtua penulis Asna Malau, kakak, dan seluruh keluarga besar atas segala nasehat, motivasi, kasih sayang, perhatian, kesabarannya dalam membesarkan dan mendidik penulis serta yang selalu senantiasa mendukung dalam doa dan semangat demi terselesaikannya skripsi ini.
6. Teman-teman di FILKOM Bayu Andika, Yosua Sitanggang, Tudesadewa, Dede Raditya, Fariz Reynaldo, Greviko Bayu, Rizal Rudiantoro, Irma Pujadayanti, Fathul Hakim dan masih banyak lagi yang tidak dapat disebutkan satu-persatu terima kasih atas semua bantuan dan pengalaman di FILKOM. Teman-teman alumni SMA yaitu Julius Simangunsong, Oliver Turnip, Fransisko Purba, Joel Sijabat, Fikerman Saragih, Palmer Rumapea, dan Wenry Siahaan terimakasih atas motivasi serta bantuannya. Teman kos Erickson Sinaga dan Andriko Hedi, terimakasih atas bantuannya.
7. Seluruh keluarga besar Daniel terimakasih atas kebersamaan, keceriaan, saran dan dorongan kepada penulis selama masa studi.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebut satu persatu, yang turut membantu penyelesaian skripsi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran yang membangun demi memperbaiki diri. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat pada semua pihak, terutama bagi penulis dan pengembang yang akan mengembangkan penelitian dari penulis. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat membawa manfaat bagi semua pihak yang menggunakannya.

Malang, 02 Agustus 2018

Penulis

danieagara@gmail.com



ABSTRAK

Sapi adalah salah satu bahan makanan pokok yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi di Indonesia. Untuk menghasilkan sapi yang berkualitas dibutuhkan bibit unggul sapi dengan kualitas baik. Berdasarkan data dari Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari, terjadi fluktuasi nilai jumlah produksi semen beku karena penurunan jumlah populasi sapi dan berkurangnya produksi semen segar dengan kualitas baik. Pakan sapi merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas semen pada sapi jantan. Pemberian pakan dengan kadar gizi yang baik dan komposisi yang tepat dapat meningkatkan kualitas semen sapi jantan. Algoritme *Particle Swarm Optimization* dipilih untuk melakukan optimasi karena mudah diterapkan dan lebih cepat dalam mencari solusi optimum dibandingkan dengan metode optimasi lainnya. Permasalahan ini menggunakan inisialisasi partikel, penentuan kecepatan awal, *update* kecepatan, *update* posisi, pencarian nilai *fitness personal best* dan *global best*. Setelah melakukan uji coba dengan menggunakan bobot sapi sebesar 1114 kg, beroleh hasil parameter yang paling optimal yaitu pada ukuran *swarm* sebesar 180, jumlah iterasi sebesar 45, bobot inersia berupa w_{min} sebesar 0,4 dan w_{max} sebesar 0,5, dan koefisien akselerasi c_{1i} dan c_{1f} masing-masing sebesar 2,5 dan 0,5 serta nilai c_{2i} dan c_{2f} masing-masing sebesar 0,5 dan 2,5. Hasil rekomendasi pakan oleh sistem mampu menghemat dana sebanyak 32,104% dibandingkan rekomendasi pakan di BBIB.

Kata kunci: Optimasi, *Particle Swarm Optimization*, Pakan Sapi Jantan

ABSTRACT

Cow is one of the basic food items needed to meet consumption needs in Indonesia. To produce a quality cow required good quality beef cattle. Based on data from Artificial Insemination Center (BBIB) Singosari, fluctuation in the value of the amount of frozen semen production due to decrease in the number of cattle population and reduced production of fresh cement with good quality. Cattle feed is one of the factors that affect the quality of cement in bulls. Provision of feed with good nutritional content and the right composition can improve the quality of cow bulls. The Particle Swarm Optimization algorithm is chosen for optimization as it is easy to implement and faster in finding the optimum solution compared to other optimization methods. This problem uses initialization of particles, initial speed diverters, speed updates, position updates, personal fitness search best values and global best. After conducting the experiment using the weight of the cow of 1114 kg, in obtaining the most optimal parameter result that is on the swarm size of 180, the number of iterations of 45, the inertia weight of w_{min} of 0,4 and w_{max} of 0,5, and the acceleration coefficient c_{1i} and c_{1f} respectively. respectively 2,5 and 0,5 and the values of c_{2i} and c_{2f} are 0,5 and 2,5 respectively. Feed recommendation result by system can save fund as much as 32,104% compared to recommendation of feed at BBIB.

Kata kunci: Optimization, Particle Swarm Optimization, bulls feed

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiv
DAFTAR KODE PROGRAM	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Sapi Jantan	7
2.3 Pakan Sapi.....	8
2.4 Kandungan dan Kebutuhan Gizi Pakan Sapi Jantan.....	9
2.5 Algoritme <i>Particle Swarm Optimization</i>	11
2.5.1 Parameter PSO	12
2.5.2 Penerapan PSO.....	13
BAB 3 METODOLOGI	18
3.1 Studi Pustaka.....	19
3.2 Pengumpulan Data	19
3.3 Deskripsi Umum Sistem	20

3.4 Spesifikasi Lingkungan Implementasi	20
3.4.1 Perangkat Keras	20
3.4.2 Perangkat Lunak.....	20
3.5 Perancangan	21
3.6 Implementasi	21
3.7 Pengujian dan Evaluasi	21
3.8 Kesimpulan dan Saran	21
BAB 4 PERANCANGAN.....	22
4.1 Formulasi Permasalahan.....	22
4.2 Siklus Algoritme <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	22
4.2.1 Inisialisasi Partikel	24
4.2.2 Inisialisasi Kecepatan Awal.....	25
4.2.3 Perhitungan <i>Fitness</i>	27
4.2.4 <i>Update</i> Kecepatan dan Posisi.....	28
4.2.5 <i>Update Personal Best</i>	30
4.2.6 <i>Update Global Best</i>	31
4.3 Contoh Perhitungan Manual Menggunakan Algoritme <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	33
4.3.1 Inisialisasi Partikel	33
4.3.2 Inisialisasi Kecepatan Awal.....	34
4.3.3 Perhitungan Nilai <i>Fitness</i> Iterasi 0.....	34
4.3.4 Perhitungan Inisialisasi <i>Personal Best</i> dan <i>Global Best</i>	36
4.3.5 Perhitungan <i>Update</i> Kecepatan dan Posisi (Iterasi 1)	36
4.3.6 Perhitungan Nilai <i>Fitness</i> Iterasi 1.....	37
4.3.7 Perhitungan <i>Update Personal Best</i> dan <i>Global Best</i> (Iterasi 1) ..	38
4.3.8 Perhitungan <i>Update</i> Kecepatan dan Posisi (Iterasi 2)	38
4.3.9 Perhitungan Nilai <i>Fitness</i> Iterasi 2.....	40
4.3.10 Perhitungan <i>Update Personal Best</i> dan <i>Global Best</i> (Iterasi 2) 40	
4.4 Perancangan Pengujian Algoritme	41
4.4.1 Pengujian Parameter PSO	41
4.4.2 Pengujian Konvergensi.....	44
4.4.3 Pengujian <i>Global</i>	44
4.5 Perancangan Antarmuka	45

BAB 5 IMPLEMENTASI	46
5.1 Implementasi Algoritme <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	46
5.1.1 Implementasi Inisialisasi Partikel	46
5.1.2 Implementasi Inisialisasi Kecepatan Awal	46
5.1.3 Implementasi Perhitungan Nilai <i>Fitness</i>	47
5.1.4 Implementasi Inisialisasi <i>Personal Best</i> dan <i>Global Best</i>	49
5.1.5 Implementasi <i>Update</i> Kecepatan.....	49
5.1.6 Implementasi <i>Update</i> Posisi.....	50
5.2 Implementasi Antarmuka	51
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	53
6.1 Pengujian Parameter PSO	53
6.1.1 Pengujian Ukuran <i>Swarm</i>	53
6.1.2 Pengujian Jumlah Iterasi	55
6.1.3 Pengujian Bobot Inersia	56
6.1.4 Pengujian Koefisien Akselerasi.....	58
6.2 Pengujian Konvergensi.....	59
6.3 Pengujian <i>Global</i>	60
6.4 Pengujian Data	61
6.5 Pembahasan Hasil Pengujian	64
BAB 7 PENUTUP	65
7.1 Kesimpulan.....	65
7.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka	6
Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Pakan	10
Tabel 2.3 Harga Pakan Sapi	10
Tabel 2.4 Kebutuhan Nutrisi Untuk Pejantan Berdasarkan NRC1988	10
Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan Data	19
Tabel 4.1 Skema Inisialisasi Partikel	24
Tabel 4.2 Inisialisasi Partikel	33
Tabel 4.3 Inisialisasi Kecepatan Awal	34
Tabel 4.4 Bobot Bahan Pakan	34
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Nutrisi	35
Tabel 4.6 Hasil Nilai <i>Fitness</i> Partikel	35
Tabel 4.7 Inisialisasi <i>Personal Best</i>	36
Tabel 4.8 Inisialisasi <i>Global Best</i>	36
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Update</i> Kecepatan Partikel	36
Tabel 4.10 Hasil Perbaikan Kecepatan Partikel	37
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan <i>Update</i> Posisi Partikel	37
Tabel 4.12 Perhitungan Nilai <i>Fitness</i> Iterasi 1	38
Tabel 4.13 Perbandingan <i>Fitness</i> Iterasi 0 dan Iterasi 1	38
Tabel 4.14 <i>Update Personal Best</i>	38
Tabel 4.15 <i>Update Global Best</i>	38
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan <i>Update</i> Kecepatan Partikel (Iterasi 2)	39
Tabel 4.17 Hasil Perbaikan Kecepatan Partikel (Iterasi 2)	39
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan <i>Update</i> Posisi Partikel (Iterasi 2)	40
Tabel 4.19 Perhitungan Nilai <i>Fitness</i> Iterasi 2	40
Tabel 4.20 Perbandingan <i>Fitness</i> Iterasi 1 dan Iterasi 2	40
Tabel 4.21 <i>Update Personal Best</i>	40
Tabel 4.22 <i>Update Global Best</i>	41
Tabel 4.23 Rancangan Pengujian Ukuran <i>Swarm</i>	42
Tabel 4.24 Rancangan Pengujian Jumlah Iterasi	42
Tabel 4.25 Rancangan Pengujian Bobot Inersia	43
Tabel 4.26 Rancangan Pengujian Koefisien Akselerasi	44

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Ukuran <i>Swarm</i>	54
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Jumlah Iterasi	55
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Bobot Inersia	57
Tabel 6.4 Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi	58
Tabel 6.5 Hasil Observasi di BBIB Singosari, Malang	61
Tabel 6.6 Hasil Pengujian dengan Sistem Optimasi Komposisi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan menggunakan PSO	62
Tabel 6.7 Hasil Pengujian Data	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sapi Jantan	7
Gambar 2.2 Pakan Hijauan Sapi	8
Gambar 2.3 Pakan Konsentrat Sapi	8
Gambar 2.4 Pakan Alternatif Sapi	9
Gambar 3.1 Tahapan Metodologi Penelitian	18
Gambar 3.2 Perancangan Sistem	21
Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Optimasi Komposisi Pakan Sapi Jantan Menggunakan Algoritme PSO	23
Gambar 4.2 Diagram Alir Proses Inisialisasi Partikel	25
Gambar 4.3 Diagram Alir Inisialisasi Kecepatan Awal	26
Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Perhitungan <i>Fitness</i>	27
Gambar 4.5 Diagram Alir Proses <i>Update</i> Kecepatan dan Posisi	30
Gambar 4.6 Diagram Alir Proses <i>Update Personal Best</i>	31
Gambar 4.7 Diagram Alir Proses <i>Update Global Best</i>	32
Gambar 4.8 Perancangan Antarmuka Halaman	45
Gambar 5.1 Implementasi Halaman Optimasi	51
Gambar 5.2 Implementasi Halaman Hasil Kesimpulan	52
Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian Ukuran <i>Swarm</i>	54
Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Iterasi	56
Gambar 6.3 Grafik Hasil Pengujian Bobot Inersia	57
Gambar 6.4 Grafik Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi	59
Gambar 6.5 Hasil Pengujian Konvergensi	60

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1..... 9

Persamaan 2.2..... 9

Persamaan 2.3..... 10

Persamaan 2.4..... 13

Persamaan 2.5..... 14

Persamaan 2.6..... 14

Persamaan 2.7..... 14

Persamaan 2.8..... 15

Persamaan 2.9..... 15

Persamaan 2.10..... 15

Persamaan 2.11..... 16

Persamaan 2.12..... 16

Persamaan 2.13..... 16

Persamaan 2.14..... 16

Persamaan 2.15..... 17

Persamaan 2.16..... 17

Persamaan 2.17..... 17



DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 Implementasi Inisialisasi Partikel	46
Kode Program 5.2 Implementasi Inisialisasi Kecepatan Awal	47
Kode Program 5.3 Implementasi Perhitungan Nilai <i>Fitness</i>	48
Kode Program 5.4 Implementasi Inisialisasi <i>Personal Best</i> dan <i>Global Best</i>	49
Kode Program 5.5 Implementasi <i>Update</i> Kecepatan.....	50
Kode Program 5.6 Implementasi <i>Update</i> Posisi.....	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Wawancara Pakar	69
Lampiran 2 Data Pemberian Pakan Bulan Februari 2017	72
Lampiran 3 Hasil Pengujian Parameter PSO	77



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Sapi merupakan salah satu bahan makanan utama. Sehingga sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dunia khususnya di Indonesia. Berdasarkan data dari Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari pada tahun 2017 beroleh data produksi semen beku tahun 2015-2017 yaitu 2.072.684, 1.897.228, dan 2.105.480 semen. Data tersebut menurun sekitar 8,465% pada tahun 2016 dan tahun 2017 hanya naik sekitar 1,582% dibandingkan dengan tahun 2015. Fluktuasi nilai jumlah produksi semen terjadi karena penurunan jumlah populasi dan berkurangnya produksi semen segar dengan kualitas baik. Tingkat keberhasilan inseminasi buatan ditentukan beberapa faktor yaitu ternak pejantan, ternak betina, peternak dan pelaksana inseminasi buatan. Inseminasi buatan dipengaruhi oleh ternak pejantan karena kualitas semen yang dihasilkan ternak pejantan merupakan salah satu faktor untuk menentukan keberhasilan perkawinan ternak (Samsudewa & Suryawijaya, 2008). Sehingga dalam memproduksi semen beku diperlukan semen segar dengan kualitas baik. Peningkatan kualitas semen sebaiknya dilakukan untuk menghasilkan bibit unggul sapi jantan.

Semen adalah hasil ejakulasi organ kelamin jantan yang dapat disimpan dan dibekukan untuk digunakan pada Inseminasi Buatan (IB). Semen segar harus dikaji kualitasnya sebelum dibekukan (Permadi, et al., 2013). Inseminasi Buatan (IB) merupakan teknologi yang tepat dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas ternak dengan penggunaan bibit pejantan unggul (Wahyu, 2008). Proses pembekuan dilakukan supaya masa penyimpanan semen lebih lama dan semen dapat digunakan untuk teknologi IB. Beberapa keuntungan dari teknologi IB adalah meningkatkan manfaat sapi pejantan unggul, meminimalkan jarak antar kelahiran, menyelesaikan hambatan waktu dan jarak, mencegah penyebaran penyakit kelamin pada ternak, penghematan dana karena tidak membutuhkan pejantan, penghematan dana dan perbaikan mutu genetik ternak melalui pejantan unggul (Widjaja, et al., 2017). Tetapi, tidak semua semen yang digunakan mempunyai kualitas yang baik sehingga menimbulkan permasalahan saat IB (Permadi, et al., 2013).

Kualitas dan kuantitas semen sapi jantan dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain umur, pakan, genetik, besar testis, kesehatan, frekuensi ejakulasi, dan bangsa sapi (Ismaya, 2014). Berdasarkan penelitian Bestari, et al. (2002) bahwa nutrisi pakan yang belum terpenuhi akan menghambat laju pertumbuhan bobot badan dan mengakibatkan fungsi organ reproduksi terganggu. Sehingga pemberian pakan untuk pemenuhan gizi yang baik sangat penting. Untuk memenuhi kebutuhan gizi tersebut, peternak sapi disarankan memberikan bahan pakan yang sesuai seperti pakan hijauan, konsentrat dan tambahan (Taufiq, et al., 2017). Dengan pemberian pakan ini peternak dapat memenuhi kebutuhan hidup pokok sapi dan juga dapat meningkatkan potensi genetik sapi jantan untuk memproduksi semen. Pemberian

pakan dengan kadar gizi yang baik harus dilakukan dengan formula yang tepat sehingga dapat meningkatkan kualitas semen sapi jantan.

Namun dalam proses pemberian pakan di Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari terdapat beberapa kendala seperti jumlah pakan yang diberikan bergantung pada musim yang sedang berlangsung, sehingga komposisi jumlah pakan diberikan berbeda pada musim hujan dan kemarau. Kemudian komposisi pakan yang berbeda juga menghasilkan nilai nutrisi yang berbeda, sehingga diperlukan perhitungan nutrisi pakan menggunakan hasil uji nutrisi yang tetap agar hasil dari perhitungan nutrisi pakan dapat dipertanggungjawabkan untuk memenuhi kebutuhan gizi sapi jantan.

Ada beberapa metode optimasi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah tersebut antara lain *Genetic Algorithm* (GA), *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *ant colony optimization* (ACO) (Caesar, et al., 2016). Penelitian terdahulu pada prediksi kebangkrutan yang membandingkan algoritme PSO dengan GA menyimpulkan bahwa algoritme PSO tidak memiliki *crossover* dan *operator* mutasi, hal itu menjadikan PSO lebih sederhana dan komputasi yang dilakukan memerlukan lebih sedikit memori dan *runtime*. Selain itu, setiap partikel menyesuaikan kecepatan dan posisi partikel sesuai dengan lokal terbaik dan *global* terbaik. Sehingga semua partikel memiliki kemampuan kuat dalam melakukan pencarian, yang dapat membantu *swarm* menemukan solusi optimal (Chen, et al., 2011).

Berdasarkan hasil penelitian yang lain diperoleh kesimpulan bahwa PSO memperoleh hasil yang optimal karena mempunyai kinerja yang lebih cepat (Caesar, et al., 2016). Algoritme PSO banyak dipilih untuk melakukan optimasi dikarenakan metode ini lebih mudah diterapkan dan lebih cepat mencari solusi optimum dibandingkan dengan algoritme matematika dan teknik optimasi heuristik lainnya (Eliantara, et al., 2016).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan di atas, penulis mengusulkan untuk membangun aplikasi berbasis dekstop yang dapat memberikan solusi peningkatan nutrisi pakan bibit unggul sapi jantan dalam penelitian ini yang berjudul "Optimasi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) (Studi Kasus pada Balai Besar Inseminasi Buatan Singosari)" dengan harapan aplikasi ini dapat membantu pihak BBIB untuk menghasilkan kualitas semen yang lebih baik dari sebelumnya sehingga pendistribusian bibit unggul ke peternak sapi meningkat.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dituliskan, penulis merumuskan masalah yang akan di bahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana menerapkan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam menyelesaikan permasalahan Optimasi Pakan Sapi Jantan?

2. Bagaimana nilai parameter untuk mendapatkan komposisi pakan dengan nilai nutrisi optimal pada sapi jantan menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO)?
3. Bagaimana nilai kualitas solusi untuk mengoptimalkan nutrisi pakan sapi jantan dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO)?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah:

1. Menerapkan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam menyelesaikan permasalahan Optimasi Pakan Sapi Jantan.
2. Mendapatkan nilai parameter untuk menghasilkan komposisi pakan dengan nilai nutrisi optimal pada sapi jantan menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO).
3. Mendapatkan nilai kualitas solusi untuk mengoptimalkan nutrisi sapi jantan menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO).

1.4 Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk berbagai pihak. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu pihak BBIB dan peternak sapi dalam membuat kombinasi pakan sapi jantan yang terbaik.
2. Membantu pihak BBIB dan peternak sapi untuk menghasilkan bibit unggul dengan tetap memperhatikan nutrisi yang dibutuhkan oleh sapi jantan.

1.5 Batasan masalah

Batasan masalah yang akan dijadikan pedoman dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data pakan yang diteliti adalah data pakan sapi jantan tahun 2017 di BBIB Singosari.
2. Bangsa pejantan yang diteliti adalah sapi Limousin dan Simental.
3. Bobot badan pejantan yang diteliti adalah 400 -1300 kg.
4. Jenis pakan yang dimodelkan ada empat jenis, yaitu hijauan, silase, konsentrat dan hay.
5. Kandungan nutrisi pakan berupa BK, TDN dan PK.
6. Pemberian pakan dengan nilai nutrisi yang optimal menjadi acuan untuk menghasilkan bibit unggul sapi jantan tanpa dipengaruhi faktor-faktor lain seperti umur pejantan, sifat genetik, suhu, musim, dan frekuensi penampungan.

1.6 Sistematika pembahasan

Subbab ini menjelaskan secara singkat isi dari setiap bab yang disusun oleh penulis adalah sebagai berikut:

Sistematika pembahasan memberikan gambaran dan deskripsi singkat mengenai isi dari tugas akhir penyusun yang meliputi beberapa bab sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan mengenai skripsi Optimasi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO).

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Menjelaskan tentang dasar teori dan referensi yang mendasari pembuatan sistem Optimasi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO).

BAB 3 METODOLOGI

Menjelaskan tentang metode dan langkah kerja yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir yang terdiri dari studi literatur, metode pengambilan data, analisis kebutuhan, persyaratan, perancangan dan implementasi, pengujian dan analisis serta pengambilan kesimpulan.

BAB 4 PERANCANGAN

Menjelaskan tentang perancangan database, perancangan antarmuka dan perancangan uji coba dalam pembuatan perangkat lunak sistem pemodelan optimasi pakan sapi jantan yang akan dibuat.

BAB 5 IMPLEMENTASI

Membahas implementasi dari sistem Optimasi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) sesuai dengan perancangan sistem yang telah dibuat serta implementasi antarmuka.

BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Menjelaskan proses dan hasil dari pengujian terhadap sistem yang telah dibangun serta analisis untuk memastikan bahwa program telah sesuai dengan perancangan.

BAB 7 PENUTUP

Bab ini terdiri dari kesimpulan yang diperoleh dari perancangan perangkat lunak yang dibuat dalam skripsi ini serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini dijelaskan kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan dalam penelitian terdahulu yang berhubungan dengan topik skripsi. Dasar teori difokuskan pada nutrisi pakan dan kebutuhan gizi sapi jantan sebagai objek penelitian serta *particle swarm optimization* sebagai metode optimasi.

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penulisan skripsi ini, kajian pustaka berisi penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan objek atau metode sesuai dengan judul yang diajukan. Dan berbagai macam metode yang digunakan para peneliti sebelumnya untuk melakukan proses optimasi.

Penelitian terkait objek komposisi pakan sapi jantan belum pernah dilakukan sebelumnya. Sehingga peneliti menggunakan referensi jurnal yang ditulis oleh Arinie Khaqqo, et al. (2016), dengan objek yang mendekati yaitu nutrisi pakan sapi perah. Penelitian ini membahas tentang merancang *fitness* untuk meminimalkan biaya dan mengoptimalkan pertambahan produksi susu sehingga semakin besar nilai *fitness* maka semakin besar peluang partikel terpilih sebagai solusi. Representasi partikel yang digunakan adalah *real code* dengan panjang dimensi sesuai dengan pakan yang tersedia dimana setiap dimensi merepresentasikan bobot dari pakan tersebut. Hasil akhir berupa komposisi pakan sapi perah dengan memaksimalkan kebutuhan nutrisi, produksi susu serta meminimalkan biaya yang dikeluarkan.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Felia Eliantara, et al. (2016). Dalam penelitian ini diterapkan algoritme *Particle Swarm Optimization* untuk menentukan optimasi pemenuhan kebutuhan gizi keluarga. Penelitian ini mampu merekomendasikan kombinasi bahan makanan untuk memenuhi kebutuhan satu keluarga. Dari pengujian kasus *actual*, diketahui bahwa hasil rekomendasi dari sistem mampu memenuhi kebutuhan satu keluarga dengan selisih yang masih berada dalam toleransi selisih kebutuhan gizi dan juga mampu menghemat biaya pengeluaran untuk konsumsi.

Penelitian ketiga mengenai optimasi komposisi pakan ikan patin. Algoritme yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritme genetika. Penelitian ini mampu memberikan komposisi pakan yang terbaik untuk ikan patin dengan berat 0,255 kg dan jumlah ikan 300 ekor dan mampu merekomendasikan komposisi pakan dengan biaya minimal dan kebutuhan nutrisi tetap terpenuhi. Representasi kromosom yang digunakan adalah *real code* untuk mewakili bobot dari bahan pakan dengan panjang kromosom sejumlah data bahan pakan. *One cut point* sebagai metode *crossover* dan *reciprocal exchange* sebagai metode mutasinya. Sedangkan proses seleksi yang digunakan menggunakan *elitsm selection* (Saraswati, et al., 2016).

Perbandingan objek dan metode penelitian dari masing-masing referensi ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Judul	Objek	Metode	Hasil
1	Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO) (Khaqqo, et al., 2016)	Komposisi Pakan Sapi	<i>Particle Swarm Optimization</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritme PSO mampu memberikan komposisi pakan yang optimal dengan harga serendah mungkin namun tetap memenuhi kebutuhan gizi sapi perah. Hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh parameter optimal yaitu <i>swarm</i> 400, jumlah iterasi 350, kombinasi bobot inersia maksimum = 0,9 dan bobot inersia minimum = 0,2, serta kombinasi koefisien akselerasi 1 = 2 dan koefisien akselerasi 2 = 2.
2	Optimasi Komposisi Pakan Ikan Patin Menggunakan Algoritma Genetika (Saraswati, et al., 2016)	Komposisi Pakan Ikan Patin	Algoritme Genetika	Hasil akhir penelitian ini diperoleh rekomendasi komposisi pakan dengan biaya minimal dan kebutuhan nutrisi yang tetap terpenuhi. Pengujian algoritme genetika mendapat hasil parameter optimal yaitu populasi 90, generasi 300, kombinasi <i>cr</i> 0,5 dan <i>mr</i> 0,5 dengan komposisi terbaik untuk ikan patin dengan berat 0,255 kg.
3	Implementasi Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> Untuk Optimasi Pemenuhan	Kombinasi bahan Makanan	Algoritme <i>Particle Swarm Optimization</i>	Algoritme <i>Particle Swarm Optimization</i> memiliki kinerja yang baik dalam mencari solusi optimal, terbukti menghasilkan solusi untuk rekomendasi kebutuhan gizi keluarga dengan selisih yang masih berada dalam toleransi

Tabel 2.1 Kajian Pustaka (lanjutan)

	Kebutuhan Gizi Keluarga (Eliantara, et al., 2016)			selisih kebutuhan gizi yaitu $\pm 10\%$ dan juga mampu menghemat biaya pengeluaran untuk konsumsi sebanyak 39,31%.
--	---	--	--	--

Genetic Algorithm (GA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) merupakan metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Pada GA nilai *fitness* yang diperoleh lebih baik dibandingkan PSO, namun PSO memiliki standar deviasi yang cenderung lebih rendah dibandingkan algoritme genetika dengan artian hasil *fitness* yang dihasilkan pada PSO lebih stabil dibandingkan GA, dikarenakan PSO memiliki memori untuk menyimpan solusi terbaik. Setiap partikel pada PSO tidak pernah mati, sedangkan pada GA bisa mati dan digantikan dengan individu baru. Pada PSO, posisi dan kecepatan partikel tersebut bisa menghasilkan solusi baru yang lebih baik. Sehingga pada penelitian ini akan digunakan algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk pemodelan komposisi pakan untuk menghasilkan nilai nutrisi pakan sapi jantan yang optimal.

2.2 Sapi Jantan

Sapi adalah jenis hewan ternak yang tergolong dalam famili Bovidae atau ruminansia, memiliki siklus reproduksi kompleks dan terintegrasi. Sapi jantan mempunyai organ reproduksi berupa organ kelamin primer atau testis, organ kelamin sekunder yang terdiri dari epididimis, duktus deferens, kelenjar vesikularis, kelenjar prostat dan kelenjar bulbouretralis, dan dilengkapi dengan organ kopulasi yaitu penis (Wahyuningsih, et al., 2013).

Limousin dan simental merupakan salah satu bangsa sapi. Pada sapi limousin rata-rata volume semen yang diperoleh yaitu $6,73 \pm 1,11$ ml/ejakulat. Sapi limousin juga mempunyai rata-rata persentase motilitas spermatozoa sebanyak $63,81 \pm 7,18\%$. Sedangkan pada sapi simental menghasilkan volume semen $6,60 \pm 0,64$ ml/ejakulat dan rata-rata motilitas sekitar $61,69 \pm 10,09\%$ (Rahmawati, et al., 2015). Sapi limousin dan simental ditunjukkan pada Gambar 2.1.



a. Sapi Limousin



b. Sapi Simental

Gambar 2.1 Sapi Jantan

2.3 Pakan Sapi

Kualitas semen pada sapi jantan sangat bergantung pada pakan yang diberikan. Pada umumnya pakan sapi terdiri dari bahan hijauan dan bahan konsentrat. Namun pada saat musim kering, ketersediaan pakan hijauan rendah sehingga diperlukan bahan pakan seperti silase dan hay.

Bahan hijauan terdiri dari beberapa tanaman pada umumnya rerumputan. Seperti terdapat pada Gambar 2.2, pakan hijauan antara lain rumput gajah dan daun lomtoro. Selain itu pakan hijauan juga bisa berasal dari limbah pertanian.



Gambar 2.2 Pakan Hijauan Sapi

Sebagian besar hijauan yang diberikan memiliki kualitas yang kurang baik, untuk itu perlu diimbangi dengan pakan konsentrat agar nutrisi sapi terpenuhi. Seperti terdapat pada Gambar 2.3, pakan konsentrat antara lain bekatul dan ampas tahu. Konsentrat yang layak menurut SNI yakni yang mengandung setidaknya 18% protein kasar dan mengandung paling sedikit 75% TDN (*Total Digestible Nutrient*) yang berasal dari bahan kering (Khaqqo, et al., 2016).



Gambar 2.3 Pakan Konsentrat Sapi

Silase adalah bahan pakan yang diperoleh dari hasil fermentasi dengan kandungan air yang tinggi. Tujuan pembuatan silase yaitu pengawetan zat makanan ternak yang digunakan sebagai pakan alternatif di masa mendatang (Krisna, 2017). Bahan pakan selanjutnya yaitu hay yang merupakan pakan hijauan yang di keringkan dan dipotong agar dapat diberikan pada ternak pada saat musim kemarau atau saat kekurangan hijauan (Erlita, 2017).

Berikut ini adalah gambar pakan silase dan konsentrat pada Gambar 2.4:



Gambar 2.4 Pakan Alternatif Sapi

2.4 Kandungan dan Kebutuhan Gizi Pakan Sapi Jantan

Pada umumnya zat gizi yang terkandung pada pakan sapi terdiri dari Bahan Kering (BK), Protein Kasar (PK) dan *Total Digestible Nutrient* (TDN). Zat gizi tersebut akan digunakan dalam menghitung optimasi pakan sapi jantan. Bahan Kering (BK) adalah salah satu komponen terpenting untuk memenuhi kebutuhan nutrisi sapi karena BK merupakan nutrisi yang digunakan oleh sapi jantan untuk memelihara kesehatan dan melakukan produksi. Bahan kering harus disajikan dengan baik dan akurat karena BK merupakan zat gizi penting sehingga komposisi BK yang sesuai takaran tidak menyebabkan kelebihan dan kekurangan nutrisi pada sapi jantan. Komposisi BK yang optimal akan membantu pejantan dalam memenuhi nutrisi untuk hidup dan proses produksi juga tidak mengalami gangguan (Khaqqo, et al., 2016).

Penentuan nutrisi Bahan Kering (BK) dihitung dengan Persamaan 2.1:

$$BK = m \times b \quad (2.1)$$

Keterangan:

- m = berat pakan (kg)
- b = hasil analisis proksimat bahan pakan BK (%)

Total Digestible Nutrient (TDN) merupakan energi dalam bentuk total nutrisi yang dapat dicerna. Nutrisi yang terpenuhi pada sapi menyebabkan kondisi tubuh sapi menjadi optimal. Pada kondisi tubuh yang optimal pada saat bereproduksi diharapkan produktivitas sapi tidak terganggu (Umiyasih & Anggraeny, 2007).

Penentuan nutrisi *Total Digestible Nutrient* dihitung dengan Persamaan 2.2:

$$TDN = m \times b \times t \quad (2.2)$$

Keterangan:

- m = berat pakan (kg)
- b = hasil analisis proksimat bahan pakan BK (%)

- t = hasil analisis proksimat bahan pakan TDN (%)

Protein Kasar (PK) merupakan nutrisi pakan penting yang diperoleh dari hasil analisis proksimat. Protein adalah zat makanan berupa asam amino kompleks yang berfungsi sebagai pembangun dan pengatur tubuh. Pada sapi jantan nutrisi pakan yang diberikan adalah protein kasar (Caesar, et al., 2016).

Penentuan nutrisi Protein Kasar dihitung dengan Persamaan 2.3:

$$PK = m \times b \times p \quad (2.3)$$

Keterangan:

- m = berat pakan (kg)
- b = hasil analisis proksimat bahan pakan BK (%)
- p = hasil analisis proksimat bahan pakan PK (%)

Kandungan nutrisi BK, TDN, dan PK yang terdapat dalam empat jenis pakan sapi tersaji dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Pakan

No.	Nama Pakan	BK(%)	TDN(%)	PK(%)
1	HIJAUAN	51,35	52,00	10,02
2	SILASE	23,35	53,99	8,64
3	KONSENTRAT	89,98	75,68	17,99
4	HAY	86,96	50,48	8,36

Sumber: BBIB Singosari, Malang

Daftar harga pakan sapi per kilogram tersaji dalam Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Harga Pakan Sapi

No.	Nama Pakan	Harga/kilogram (Rupiah)
1	HIJAUAN	300
2	SILASE	1.500
3	KONSENTRAT	6.500
4	HAY	2.500

Sumber: BBIB Singosari, Malang

Pengelompokan kebutuhan nutrisi BK, PK dan TDN berdasarkan berat badan sapi dijelaskan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kebutuhan Nutrisi Untuk Pejantan Berdasarkan NRC1988

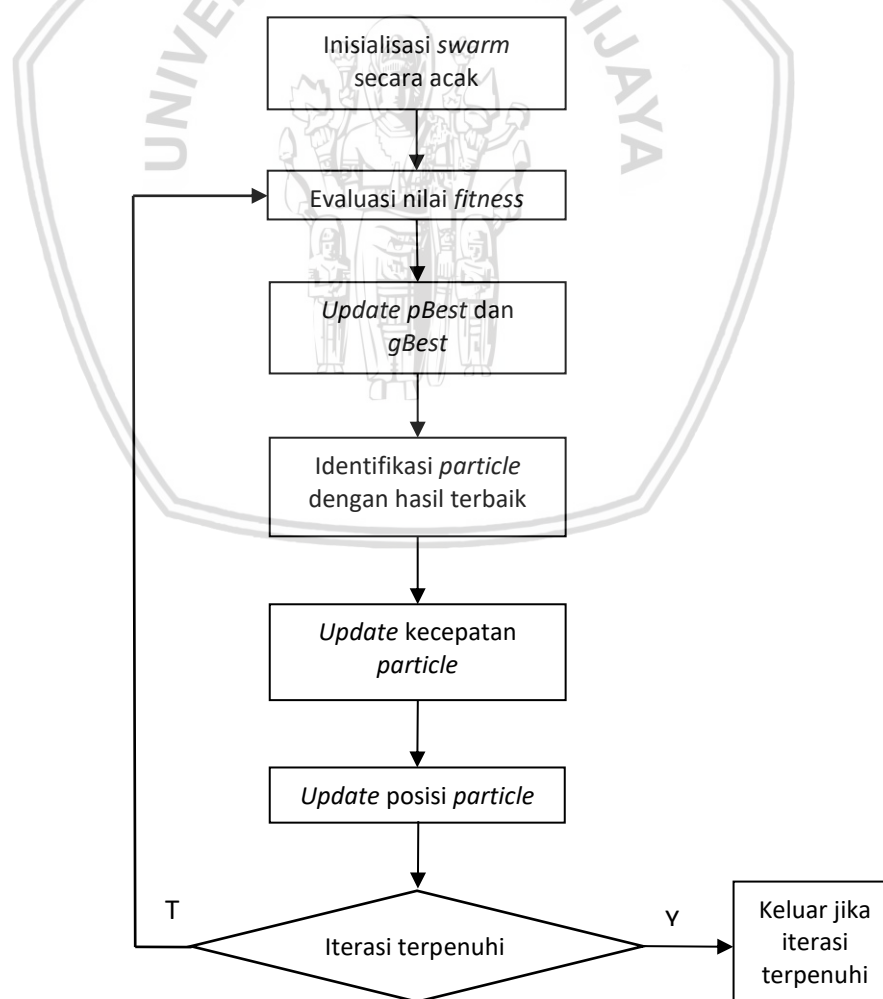
BERAT BADAN (kg)	BK (kg)	TDN (kg)	PK (kg)
400 - 449	8,070	4,720	0,968
450 - 499	8,260	4,880	0,970
500 - 549	8,600	5,020	0,980
550 - 599	9,260	5,280	0,984
600 - 649	9,870	5,210	0,987

Tabel 2.4 Kebutuhan Nutrisi Untuk Pejantan Berdasarkan NRC1988 (lanjutan)

BERAT BADAN (kg)	BK (kg)	TDN (kg)	PK (kg)
650 - 699	10,480	5,530	1,048
700 - 749	11,070	5,840	1,107
750 - 799	11,660	6,150	1,166
800 - 849	12,240	6,460	1,224
850 - 899	12,810	6,760	1,281
900 - 949	13,370	7,060	1,337
950 - 999	13,920	7,350	1,392
1000 - 1049	14,470	7,640	1,447
1050 - 1099	15,010	7,920	1,501
≥ 1100	15,540	8,200	1,554

2.5 Algoritme *Particle Swarm Optimization*

Dasar prosedur PSO digambarkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Dasar prosedur PSO

Algoritme PSO merupakan suatu metode optimasi yang diperkenalkan oleh Kennedy & Eberhart tahun 1995. *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah sebuah teknik optimasi yang berbasis populasi dengan pencarian solusi pada PSO berdasarkan simulasi perilaku sosial burung dalam sebuah *swarm*. Dalam algoritme PSO, setiap individu di sebut *particle* (partikel). Setiap partikel diadaptasi dari daerah pencarian dan disimpan menjadi posisi terbaik yang pernah dicapai.

Pada algoritme PSO perilaku pada populasi burung digunakan untuk menentukan pola untuk menemukan jalur optimal meskipun lokasi setiap individu maupun kelompok berjauhan antara satu dengan yang lain (Engelbrecht, 2007). Proses algoritme PSO dikembangkan berdasarkan model tersebut, ketika partikel telah menuju tujuan terdekat maupun terjauh maka partikel secara tidak langsung akan mengirimkan sinyal ke partikel atau populasi lain agar mengikuti jalur menuju target. Jika partikel pernah melalui jalur tersebut dan nilai yang dihasilkan tidak sesuai fungsi maka jalur tersebut tidak akan diikuti. Partikel dapat mengetahui jalur yang sudah dilalui berdasarkan memori dari setiap partikel (Caesar, et al., 2016).

2.5.1 Parameter PSO

Parameter yang dibutuhkan pada algoritme *Particle Swarm Optimization* antara lain (Khaqqo, et al., 2016):

1. *Swarm size*

Swarm size merupakan jumlah partikel. Ukuran *swarm* ditentukan oleh seberapa rumit kasus yang akan diselesaikan. Pada umumnya PSO menggunakan ukuran *swarm* relatif lebih kecil dibandingkan algoritme evolusioner lain dalam pencarian solusi.

2. Partikel

Partikel adalah individu dari suatu *swarm* yang digunakan sebagai solusi untuk pemecahan masalah. Posisi dan kecepatan partikel ditentukan berdasarkan representasi solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut.

3. *Personal best*

Personal best adalah posisi terbaik partikel pada suatu iterasi. Penentuan *personal best* dilakukan dengan membandingkan nilai *fitness* iterasi sekarang dengan nilai *fitness* iterasi sebelumnya. *Personal best* digunakan untuk mencari solusi terbaik.

4. *Global best*

Global best merupakan posisi terbaik partikel dari semua iterasi yang dilalui oleh partikel. *Global best* diperoleh dengan membandingkan nilai *personal best* dari setiap iterasi yang telah dilalui.

5. Velocity

Velocity atau kecepatan merupakan vektor yang mempengaruhi perpindahan arah posisi sebuah partikel. *Update velocity* dilakukan pada setiap iterasi dengan tujuan memperbaiki posisi partikel dari posisi semula.

6. Bobot Inersia

Paramater ini digunakan untuk mengendalikan dampak dari perubahan nilai kecepatan pada proses *update* kecepatan pada setiap iterasi. Selanjutnya bobot inersia berfungsi untuk peningkatan performansi.

7. Koefisien Akselerasi

Koefisien akselerasi adalah parameter untuk membatasi perpindahan partikel dalam suatu iterasi. Pada umumnya nilai koefisien akselerasi c_1 dan c_2 sama, dibatasi dari 0 sampai 4. Namun nilai koefisien akselerasi dapat ditentukan sesuai permasalahan pada penelitian lain

2.5.2 Penerapan PSO

Algoritme PSO memiliki tiga komponen utama untuk mencari solusi terbaik yaitu partikel, komponen sosial dan kognitif dari partikel, dan kecepatan partikel. Dalam pencarian solusi dari ruang masalah, kemungkinan solusi yang diperoleh lebih dari satu solusi. Sehingga diperlukan solusi optimal dalam pemecahan masalah tersebut. Pembelajaran partikel berasal dari pengalaman individu partikel atau disebut pembelajaran kognitif dan pembelajaran gabungan seluruh populasi atau disebut pembelajaran sosial. Pembelajaran kognitif merupakan pencarian nilai individu terbaik dari suatu iterasi (*pBest*) dan pembelajaran sosial merupakan pencarian individu terbaik dari seluruh iterasi (*gBest*) (Wardhany, et al., 2017).

Sehingga algoritme PSO hanya terdiri dari tiga tahap, dan akan melakukan iterasi atau perulangan sampai kondisi berhenti yang diharapkan terpenuhi. Tahap pertama adalah pencarian nilai *fitness* pada setiap partikel, kemudian memperbarui nilai *pBest* dan *gBest*, dan yang terakhir adalah melakukan *update* kecepatan dan *update* posisi partikel.

Sehingga pada dasarnya algoritme PSO hanya terdiri dari tiga langkah, yang kemudian mengalami perulangan atau iterasi sampai kondisi berhenti yang diharapkan tercapai. Langkah pertama adalah evaluasi nilai *fitness* untuk setiap partikel, kemudian memperbarui nilai terbaik individu dan *global*, dan ketiga adalah memperbarui kecepatan dan posisi setiap partikel.

Berikut merupakan penerapan PSO dalam kasus pemodelan komposisi pakan sapi jantan untuk memperoleh bibit unggul:

1. Inisialisasi Partikel

Partikel dari setiap dimensi dimodelkan harus berada pada domain yang terbentuk dari dua vektor yaitu x_{min} dan x_{max} . Vektor tersebut merupakan batas bawah dan batas atas dari setiap dimensi. Ditunjukkan pada Persamaan 2.4.

$$x_{id} = x_{min} + rand[0,1] * (x_{max} - x_{min}) \quad (2.4)$$

Keterangan:

- x_{id} = posisi partikel ke- i dimensi ke- d
- x_{min} = batas minimum nilai posisi
- x_{max} = batas maksimum nilai posisi
- $rand[0,1]$ = nilai acak 0 sampai 1

Kecepatan awal dapat diinisialisasi menjadi nol. Ditunjukkan pada Persamaan 2.5.

$$V_{id}(0) = 0 \quad (2.5)$$

V_{id} kecepatan partikel ke- i pada dimensi ke- d , posisi terbaik individu ke- i ($pBest_i$) awal untuk setiap partikel diinisialisasikan dengan posisi partikel pada $t = 0$. Ditunjukkan pada Persamaan 2.6.

$$pBest_i(0) = x_i(0) \quad (2.6)$$

2. Fungsi Objektif PSO

Algoritme PSO dapat menyelesaikan masalah kompleks, yaitu permasalahan optimasi. Untuk mengevaluasi seberapa optimal solusi yang dihasilkan, diperlukan formulasi berupa fungsi objektif. Ada 2 jenis fungsi objektif yaitu nilai *fitness* dan *cost*. Nilai *fitness* yang semakin besar maka solusi tersebut semakin baik. Sedangkan untuk nilai *cost*, semakin kecil nilainya maka solusinya dianggap lebih baik. Jika permasalahannya adalah optimasi untuk memaksimalkan fungsi h , maka digunakan fungsi objektif $F = h$ untuk mencari nilai *fitness*-nya. Akan tetapi, jika permasalahannya adalah optimasi untuk meminimalkan fungsi h , maka digunakan fungsi objektif $F = 1/h$ untuk mencari nilai *fitness*-nya (Bernadifta, et al., 2016).

Langkah menentukan nilai *fitness* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan bobot empat jenis pakan sapi (kg) yaitu hijauan, silase, konsentrat, dan hay.
2. Menghitung kandungan nutrisi masing-masing bahan pakan pada tiap partikel menggunakan Persamaan 2.1 sampai dengan 2.3, kemudian dijumlahkan berdasarkan jenis nutrisinya. Nilai kandungan nutrisi pakan dapat dilihat pada Tabel 2.2.
3. Menentukan nilai kebutuhan nutrisi sapi jantan berdasarkan bobot badan sapi, dapat dilihat pada Tabel 2.4.
4. Menghitung nilai *penalty* untuk mengetahui apakah kandungan nutrisi bahan pakan yang diberikan pada seluruh kandidat solusi (partikel) yang telah dibangkitkan memenuhi kebutuhan nutrisi sapi jantan. Nilai *penalty* dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.7.

$$Penalty(i, d) = \begin{cases} 0, TotalNut \geq KebNut \\ KebNut - TotalNut, TotalNut < KebNut \end{cases} \quad (2.7)$$

Keterangan:

- $Penalty(i, d) = \text{penalty}$ partikel ke- i dimensi ke- d
- $TotalNut$ = total kandungan nutrisi berdasarkan jenis nutrisi pakan
- $KebNut$ = kebutuhan nutrisi berdasarkan jenis nutrisi pakan

5. Menghitung harga pakan ($cost$) yang diberikan per hari. Data harga pakan yang digunakan terdapat pada Tabel 2.3. $Cost$ dihitung dengan Persamaan 2.8 berikut ini.

$$Cost(i) = m \times h \quad (2.8)$$

Keterangan:

- $Cost(i)$ = harga pakan partikel ke- i
 - m = berat setiap bahan pakan (kg)
 - h = harga setiap pakan (Rupiah/kg)
6. Langkah terakhir yaitu menghitung nilai $fitness$ setiap partikel menggunakan Persamaan 2.9. Nilai $fitness$ ini merepresentasikan kualitas partikel sebagai kandidat solusi (partikel).

$$Fitness(i) = \frac{1}{(PenaltyTot(i) \times \alpha) + Cost(i)} \times K \quad (2.9)$$

Keterangan:

- $Fitness(i)$ = fungsi $fitness$ pada partikel ke- i
- $PenaltyTot(i)$ = total $penalty$ dengan menjumlahkan $penalty$ semua jenis nutrisi bahan pakan pada partikel ke- i
- $Cost(i)$ = total harga dengan menjumlahkan seluruh harga pada setiap bahan pakan pada partikel ke- i
- α = konstanta pengali bernilai $4 \times 100 \times 1000$ supaya selisih antara $penalty$ dan $cost$ tidak terlalu besar
- K = konstanta pengali bernilai 100×1000 supaya nilai $fitness$ tidak terlalu kecil

3. Local Best PSO

Local Best PSO dalam kasus minimal optimasi didapatkan dengan perbandingan nilai $fitness$ saat ini dengan nilai $pBest$ sebelumnya, jika $fitness$ saat ini $<$ dari $pBest$, maka $pBest = fitness$ saat ini (Engelbrecht A. P., 2007). Ditunjukkan pada Persamaan 2.10.

$$pBest_i(t+1) = \begin{cases} pBest_i(t) & \text{jika } f(x_{id}(t+1)) \geq f(pBest_i(t)) \\ x_{id}(t+1) & \text{jika } f(x_{id}(t+1)) < f(pBest_i(t)) \end{cases} \quad (2.10)$$

Keterangan:

- $pBest_i(t+1)$ = $pBest$ iterasi sekarang
- $pBest_i(t)$ = $pBest$ iterasi sebelumnya
- $f(x_{id}(t+1))$ = nilai $fitness$ iterasi sekarang

4. Global best PSO

Pencarian nilai $gBest$ pada kasus maksimal optimasi dengan cara mencari nilai maksimal semua $pBest$ dalam iterasi t (Engelbrecht A. P., 2007). Fungsi pencarian nilai $gBest$ ditunjukkan pada Persamaan 2.11.

$$f(gBest_i(t)) = \min\{f(x_{id}(t)), \dots, f(x_{nd}(t + m))\} \quad (2.11)$$

Keterangan:

- $gBest(t)$ = $gBest$ iterasi (t)
- $f(x_{id}(t))$ = nilai *fitness* iterasi (t)

5. Update Kecepatan dan Posisi

Kecepatan (V_i) dan posisi dari partikel (X_i) diubah menggunakan Persamaan 2.12.

$$V_{id}(t + 1) = (w * V_{id}(t)) + (c_1 * r_1 * (pBest_i(t) - X_{id}(t))) + (c_2 * r_2 * (gBest_i(t) - X_{id}(t))) \quad (2.12)$$

Keterangan:

- $V_{id}(t)$ = kecepatan partikel ke- i pada dimensi ke- d , iterasi ke- t
- w = bobot inersia
- c_1 dan c_2 = koefisien akselerasi
- r_1 dan r_2 = nilai *random* dengan rentang [0,1]
- $X_{id}(t)$ = posisi partikel ke- i pada dimensi ke- d , iterasi ke- t
- $pBest_{id}(t)$ = posisi terbaik partikel ke- i
- $gBest(t)$ = nilai $pBest$ terbaik dari *swarm*

Rumus bobot inersia (w) ditunjukkan pada Persamaan 2.13:

$$w = w_{max} - \left(\left(\frac{w_{max} - w_{min}}{iter_{max}} \right) \times iter \right) \quad (2.13)$$

w_{max} dan w_{min} masing-masing adalah nilai awal dan nilai akhir bobot inersia dengan rentang 0,9 – 0,4. Kombinasi tersebut terbukti efektif berdasarkan pada Jiang, et al. (2017). Sedangkan $iter_{max}$ adalah jumlah iterasi maksimum yang digunakan.

Rumus koefisien akselerasi (c_1 dan c_2) ditunjukkan pada Persamaan 2.14:

$$c_1 = \left((c_{1f} - c_{1i}) \times \left(\frac{t}{iter_{max}} \right) \right) + c_{1i} \quad (2.14)$$

$$c_2 = \left((c_{2f} - c_{2i}) \times \left(\frac{t}{iter_{max}} \right) \right) + c_{2i}$$

c_1 dan c_2 masing-masing merupakan nilai awal dan nilai akhir koefisien akselerasi dengan rentang 2,5 dan 0,5. Kombinasi nilai tersebut terbukti efektif berdasarkan penelitian Khokhar, et al. (2012).

Untuk mengontrol eksplorasi *global* partikel, perlu adanya pembatasan kecepatan maksimum. Teknik ini disebut *velocity clamping* untuk mencegah partikel bergerak terlalu jauh melampaui ruang pencariannya. Dalam penelitian ini, batasan kecepatan atau *threshold* yang digunakan ditunjukkan pada Persamaan 2.15 (Marini, 2015):

$$\text{Jika } V_{id}(t+1) > V_{max} \text{ maka } V_{id}(t+1) = V_{max} \quad (2.15)$$

$$\text{Jika } V_{id}(t+1) < -V_{max} \text{ maka } V_{id}(t+1) = -V_{max}$$

Strategi *velocity clamping* telah terbukti lebih efektif dalam meredam osilasi dengan menyediakan keseimbangan yang baik antara eksplorasi *global* dan eksploitasi lokal (Fadilah, 2015). Namun dalam menentukan nilai V_{max} bergantung pada bentuk permasalahan yang diselesaikan. Pada penelitian ini rumus V_{max} ditunjukkan pada Persamaan 2.16 (Engelbrecht, 2007).

$$V_{max} = k * \left(\frac{X_{max} - X_{min}}{2} \right) \quad (2.16)$$

Rumus perubahan posisi ($X_{id}(t+1)$) ditunjukkan pada Persamaan 2.17 (Marini, 2015):

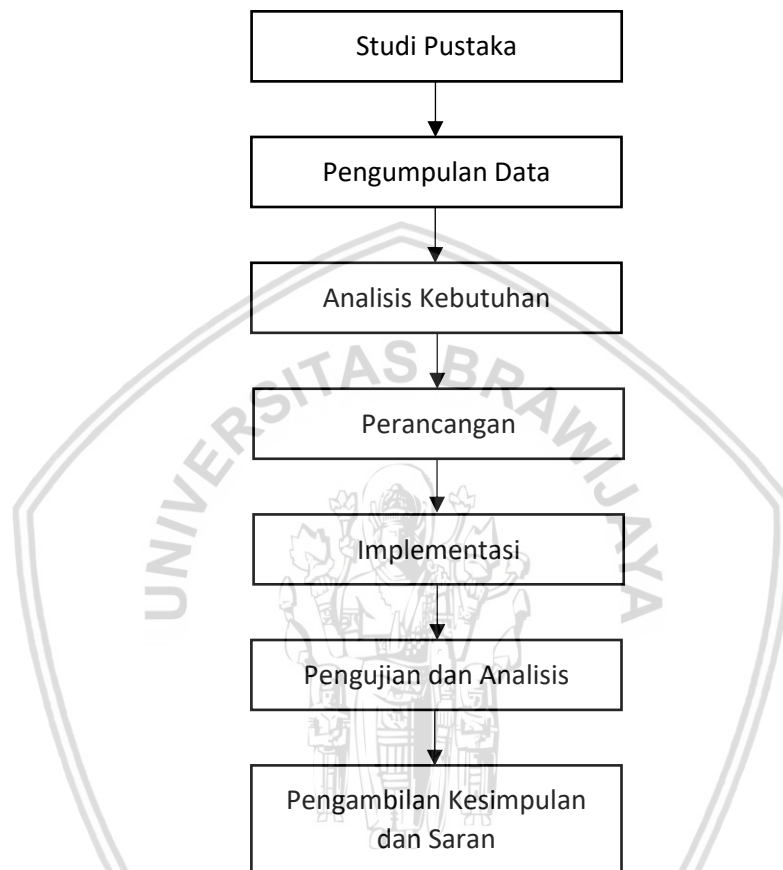
$$X_{id}(t+1) = X_{id}(t) + V_{id}(t+1) \quad (2.17)$$

6. Kondisi berhenti

Jika telah mencapai kondisi akhir (mencapai nilai iterasi maksimum atau perulangan telah mencapai nilai optimum) maka perulangan berhenti dan nilai optimumnya didapatkan namun jika belum maka diulangi langkah 2 sampai seterusnya.

BAB 3 METODOLOGI

Bab ini akan membahas metodologi dalam penelitian “Optimasi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO)” Studi Kasus pada Balai Besar Inseminasi Buatan Singosari. Tahapan metodologi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Metodologi Penelitian

Penjelasan dari setiap tahap pada Gambar 3.1 sebagai berikut:

1. Melakukan studi pustaka tentang sapi Simental, kandungan nutrisi pakan sapi Simental, kebutuhan gizi sapi Simental dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang dibahas pada penelitian ini.
2. Melakukan pengumpulan data dari BBIB Singosari dan beberapa penelitian sebelumnya.
3. Menganalisis kebutuhan sistem yang akan digunakan dalam sistem ini.
4. Merancang sistem yang akan dibuat berdasarkan kebutuhan.
5. Mengimplementasikan sistem berdasarkan analisis kebutuhan dan perancangan sistem yang telah dilakukan sebelumnya.
6. Melakukan pengujian dari evaluasi hasil yang didapat dari pengujian.
7. Mengambil kesimpulan dan saran berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian dan evaluasi hasil pengujian.

3.1 Studi Pustaka

Metode ini digunakan untuk menggali informasi dan mengkaji dari berbagai dasar teori yang mendukung penelitian penulis. Pustaka berasal dari buku, jurnal, artikel dan dokumentasi. Pokok bahasan pustaka meliputi:

- Bahan pakan sapi
- Kandungan nutrisi pakan sapi
- Harga bahan pakan sapi
- Kebutuhan nutrisi sapi
- Pemrograman bahasa Java
- Teknik pengujian sistem

3.2 Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dengan melakukan wawancara terhadap pihak BBIB Singosari pada tanggal 27 Desember 2017, narasumber Pak Yudhi Mahendra, AMd bidang pakan ternak. Hasil dari wawancara akan ditunjukkan pada Lampiran 1. Selain itu juga dari jurnal-jurnal yang terkait. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Data kandungan nutrisi empat jenis pakan dicantumkan pada Tabel 2.2.
2. Data harga empat jenis pakan dicantumkan pada Tabel 2.3.
3. Data konsumsi pakan sapi jantan tahun 2017 di BBIB Singosari yang terdiri dari 183 jenis pejantan dengan pemberian pakan selama sebulan dan dicantumkan pada Lampiran 2.
4. Data kebutuhan nutrisi sapi jantan terdiri dari 15 data kebutuhan nutrisi berdasarkan *range* berat badan sapi dan dicantumkan pada Tabel 2.4.

Analisis kebutuhan data beserta sumber, metode pengumpulan data dan kegunaannya dijelaskan pada Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan Data berikut:

Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan Data

No.	Kebutuhan Data	Sumber Data	Metode Pengumpulan Data	Kegunaan Data
1.	Data hasil analisis proksimat.	Data Penyusunan Ransum Pejantan BBIB Singosari, Pak Yudhi Mahendra, AMd.	Pustaka dan wawancara	Digunakan untuk proses perhitungan penyediaan nutrisi sapi.
2.	Data harga pakan	Data Harga Pemberian Pakan Sapi Jantan BBIB Singosari	Pustaka dan wawancara	Digunakan dalam untuk mendapatkan nilai <i>cost</i> pada perhitungan <i>fitness</i> PSO

Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan Data (lanjutan)

No.	Kebutuhan Data	Sumber Data	Metode Pengumpulan Data	Kegunaan Data
3.	Data penyusunan ransum pejantan.	Data Pakan Sapi Jantan BBIB Singosari, Pak Yudhi Mahendra, AMd.	Pustaka, Wawancara	Digunakan pada proses pelatihan untuk perhitungan penyediaan pakan.
4.	Data <i>range</i> kebutuhan nutrisi pakan.	Data Kebutuhan Nutrisi Untuk Pejantan Berdasarkan NRC1988,	Pustaka dan wawancara	Digunakan dalam proses PSO untuk optimasi.

3.3 Deskripsi Umum Sistem

Sistem yang akan dibangun merupakan sistem optimasi komposisi pakan untuk mengoptimalkan nutrisi bibit unggul sapi jantan menggunakan algoritme *Particle Swarm Optimization*. *Input* sistem berupa berat badan (kg), parameter PSO berupa nilai bobot inersia, koefisien akselerasi, jumlah iterasi, ukuran *swarm* dan nilai nutrisi proksimat (%). *Output* sistem berupa hasil rekomendasi komposisi pakan untuk menghasilkan bibit unggul sapi jantan berdasarkan keinginan *user*.

3.4 Spesifikasi Lingkungan Implementasi

3.4.1 Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Processor Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz
2. RAM 4.00 GB
3. Harddisk 500 GB
4. Monitor 14"

3.4.2 Perangkat Lunak

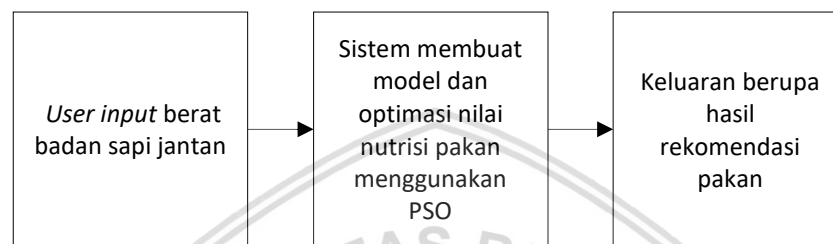
Perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem operasi Windows 10 64 bit
2. Microsoft Office 2013
3. Netbeans IDE 8.0.2
4. Bahasa pemrograman Java

3.5 Perancangan

Berdasarkan analisis kebutuhan data dan implementasi sistem, maka arsitektur perancangan sistem pemodelan optimasi komposisi pakan untuk mengoptimalkan nutrisi pakan sapi jantan dijelaskan dalam Gambar 3.2.

Sistem pemodelan ini mengikutsertakan *user* dalam berjalannya program. *User* memberikan input-an berupa bobot badan sapi (kg) dan akan dioptimasi menggunakan PSO sehingga didapatkan rekomendasi komposisi pakan agar menghasilkan kualitas semen yang optimal.



Gambar 3.2 Perancangan Sistem

3.6 Implementasi

Implementasi adalah tahap membangun sistem yang sesuai dengan perancangan yang telah dibuat dan menerapkan hal yang telah didapatkan pada proses studi pustaka. Sistem pemodelan komposisi pakan untuk meningkatkan kualitas semen sapi jantan menggunakan algoritme *Particle Swarm Optimization* yang dibangun ini menggunakan Java sebagai platform pengembangannya. Tahap implementasi yang dilakukan meliputi implementasi antarmuka, dan algoritme. Keluaran yang dihasilkan dari implementasi sistem ini adalah komposisi pakan sapi jantan untuk menghasilkan nutrisi optimal dengan *cost* paling murah.

3.7 Pengujian dan Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem yang telah dibuat untuk mengetahui bahwa sistem telah mampu bekerja sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan. Pengujian sistem yang dilakukan adalah uji coba untuk menentukan parameter yang paling optimal dalam implementasi sistem. Parameter yang akan diuji meliputi: ukuran *swarm*, jumlah iterasi, bobot inersia dan koefisien akselerasi.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan dari perancangan, implementasi, dan pengujian dari sistem pemodelan komposisi pakan untuk meningkatkan kualitas semen sapi jantan menggunakan algoritme *Particle Swarm Optimization* telah dilakukan. Kesimpulan di ambil dari hasil pengujian dan analisis sistem tersebut. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang berkenaan dengan hasil yang telah dicapai yang berguna untuk memperbaiki kesalahan dalam pengembangan lebih lanjut.

BAB 4 PERANCANGAN

Bab ini membahas tentang formulasi permasalahan, siklus algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO), siklus penyelesaian komposisi pakan sapi jantan menggunakan algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO), perhitungan manual, serta perancangan antarmuka.

4.1 Formulasi Permasalahan

Subbab ini menjelaskan tentang permasalahan yang akan diselesaikan yaitu bagaimana menyusun komposisi pakan sapi jantan sesuai dengan jenis pakan yang dimasukkan pengguna sistem. Sehingga kebutuhan nutrisi sapi jantan untuk hidup dan berproduksi terpenuhi dengan harga seminimum mungkin. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut digunakan algoritme *Particle Swarm Optimization*, dengan contoh kasus sebagai berikut:

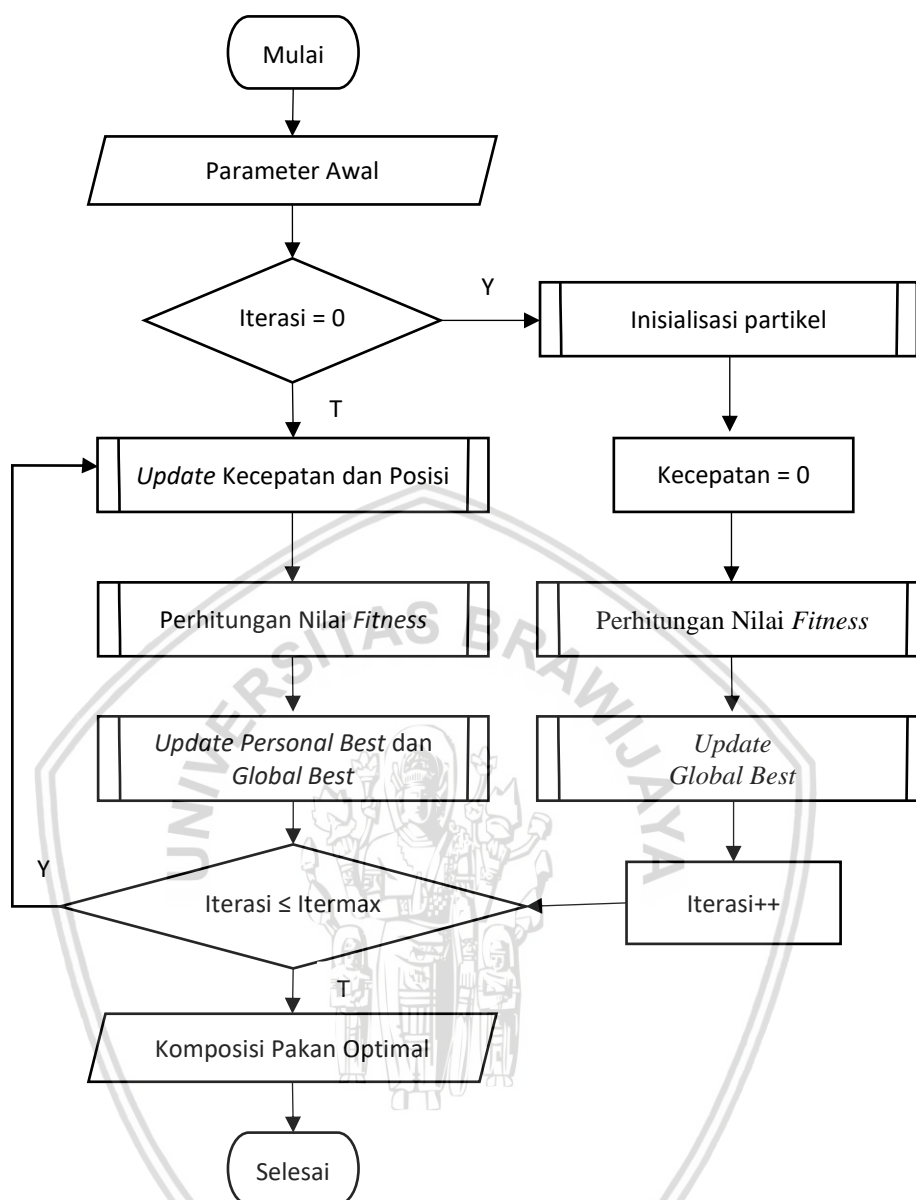
Sapi jantan yang digunakan adalah sapi Audi yaitu salah satu sapi dari bangsa limousin, dengan umur 11 tahun dan bobot badan 1114 kg. Bahan pakan yang digunakan ada empat jenis yaitu hijauan, silase, konsentrat dan hay. Bagaimana memodelkan komposisi pakan sapi jantan agar dapat memenuhi kebutuhan nutrisi sapi dengan biaya yang minimum?

Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan komposisi pemberian pakan sapi untuk setiap hari. Data komposisi pakan harian sapi didapat dari data yang ada di BBIB Singosari tahun 2017 (terlampir pada Lampiran 2). Kemudian kandungan nutrisi tiap bahan pakan dihitung menggunakan Persamaan 2.1 sampai Persamaan 2.3, nilai kandungan nutrisi pakan ditampilkan pada Tabel 2.2. Nilai nutrisi yang dihitung adalah Bahan Kasar (BK), *Total Digestible Nutrient* (TDN), dan Protein Kasar (PK). Setelah itu, kebutuhan nutrisi sapi ditentukan berdasarkan bobot badan sapi, kriteria kebutuhan sapi dapat dilihat pada Tabel 2.3. Langkah selanjutnya adalah perhitungan nilai *fitness* menggunakan Persamaan 2.9. Untuk menghitung *fitness*, terlebih dahulu mencari nilai *penalty* dan nilai *cost* menggunakan Persamaan 2.7 dan 2.8. Langkah terakhir adalah perhitungan nilai *personal best* dan *global best*. Rekomendasi komposisi pakan yang digunakan berdasarkan nilai *gbest* yang paling besar. Perhitungan detailnya akan dijelaskan pada siklus penyelesaian masalah menggunakan PSO.

4.2 Siklus Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Siklus algoritme PSO merupakan urutan penyelesaian masalah menggunakan algoritme PSO secara sekuensial. Optimasi menggunakan algoritme PSO diharapkan dapat menyelesaikan masalah komposisi pakan sapi jantan dan memperoleh hasil yang optimum berdasarkan nilai *fitness* yang dihasilkan oleh partikel sebagai representasi solusi.

Berikut diagram alir proses optimasi komposisi pakan sapi jantan menggunakan algoritme PSO ditunjukkan pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Optimasi Komposisi Pakan Sapi Jantan Menggunakan Algoritme PSO

Berdasarkan diagram alir diatas, langkah-langkah optimasi komposisi pakan sapi jantan menggunakan algoritme PSO adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa data jenis pakan dan bobot badan yang tersedia bagi pengguna serta parameter PSO yang meliputi: jumlah iterasi, ukuran *swarm*, bobot inersia maksimal (w_{max}), bobot inersia minimal (w_{min}), koefisien akselerasi 1 (c_1), dan koefisien akselerasi 2 (c_2).
2. Kondisi jika iterasi = 0, maka melakukan proses inisialisasi partikel sebagai representasi solusi secara acak. Nilai kecepatan pada iterasi 0 adalah nol, sehingga nilai partikel yang diinisialisasi dapat langsung dihitung nilai *fitness*nya menggunakan Persamaan 2.9. Kemudian melakukan *update* nilai *global best* menggunakan Persamaan 2.11.

3. Jika bukan, maka melakukan *update* kecepatan dan posisi partikel masing-masing dengan Persamaan 2.12 dan 2.17.
4. Melakukan perhitungan *fitness* dengan Persamaan 2.9.
5. Melakukan *update personal best* dan *global best* masing-masing menggunakan Persamaan 2.10 dan 2.11.
6. Jika kondisi iterasi sekarang masih kurang dari iterasi maksimal, lakukan langkah 3 sampai langkah 5.
7. Jika tidak, maka keluaran sistem adalah *global best* dari setiap iterasi dan nilai *fitness* terbaik yaitu komposisi pakan sapi jantan paling optimum.

4.2.1 Inisialisasi Partikel

Inisialisasi partikel pada penelitian ini menggunakan pengkodean *real*. Struktur data yang digunakan untuk inisialisasi partikel ini adalah data dinamis. Partikel ini memiliki panjang dimensi sesuai dengan jumlah jenis pakan yang diinputkan. Tiap dimensi merupakan representasi dari bobot masing-masing pakan yang dibangkitkan secara acak. Penentuan bobot pada inisialisasi partikel memiliki interval sebagai berikut:

- $x_{min1} = 10$ dan $x_{max1} = 50$
- $x_{min2} = 2.5$ dan $x_{max2} = 1\%$ bobot sapi
- $x_{min3} = 0.25$ dan $x_{max3} = 1$

Penentuan batas bawah dan batas atas bobot pakan didasari hasil wawancara salah satu pakar pakan di BBIB dan dicantumkan pada Hasil Wawancara Pakar. Pada inisialisasi partikel pada penelitian ini, B1 merupakan pakan hijauan, B2 adalah pakan konsentrat dan B3 adalah pakan hay. Khusus untuk pakan silase diinisialisasi diluar proses algoritme PSO, pakan silase digunakan dalam perhitungan nilai *fitness* saja. Komposisi pakan silase ditentukan berdasarkan hasil rekomendasi pakan hijauan yaitu sebesar 60% dari pakan hijauan. Penentuan interval bobot pakan ini ditentukan berdasarkan bobot badan, produksi, kesehatan dan sisa pakan pada penelitian di BBIB Singosari. Contoh skema inisialisasi partikel ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Skema Inisialisasi Partikel

B1	B2	B3
50	6.5	1
40	5.5	1

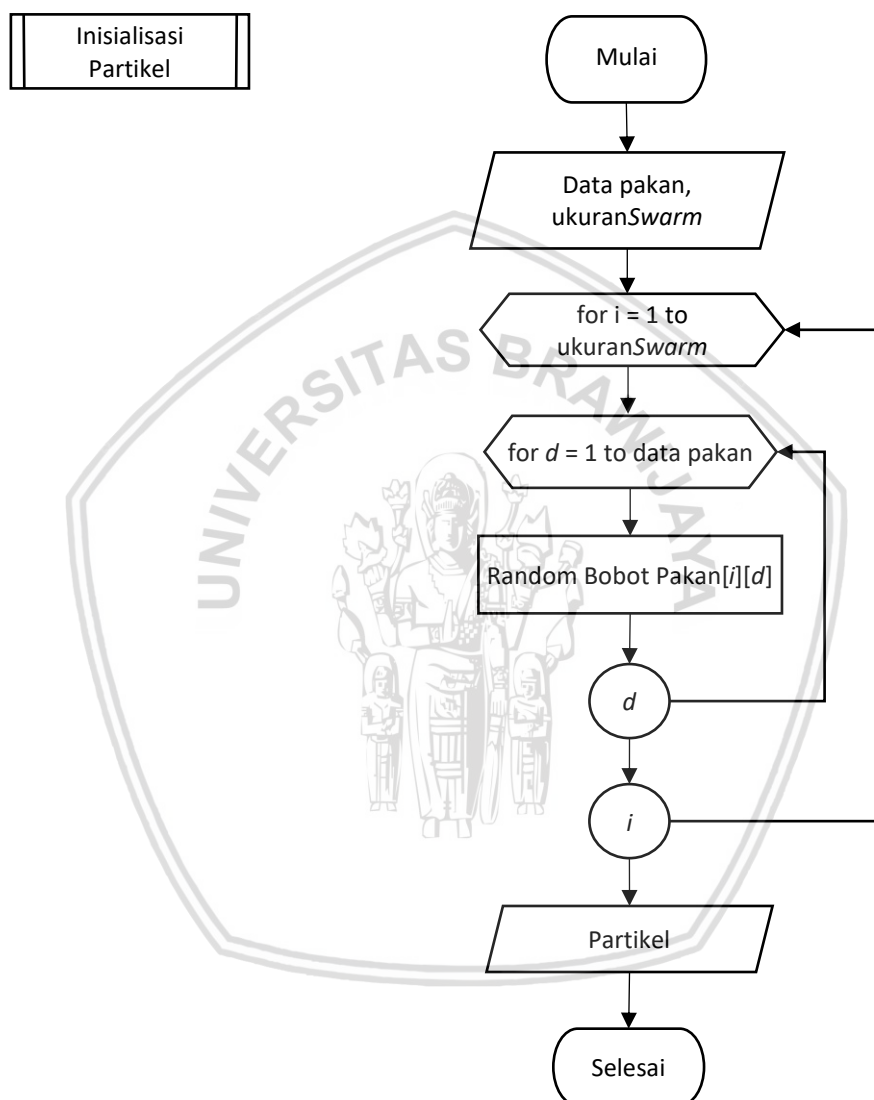
Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa sebuah partikel memiliki bobot badan sapi (BBS) sebesar 1114 kg, berat pakan 1 (B1) sebesar 50 kg, B2 sebesar 6.5 kg dan B3 sebesar 1 kg.

Langkah-langkah inisialisasi partikel pada algoritme PSO berdasarkan Gambar 4.2 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa data jenis pakan yang mewakili panjang dimensi dan ukuran *swarm* yang mewakili jumlah partikel.

2. Untuk tiap partikel sampai jumlah *swarm*, lakukan langkah 3.
3. Untuk tiap jenis pakan dari partikel diperoleh secara acak untuk membangkitkan bobot pakan tersebut.
4. Keluaran sistem adalah partikel PSO sebanyak jumlah *swarm*.

Diagram alir proses inisialisasi partikel pada algoritme PSO ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Alir Proses Inisialisasi Partikel

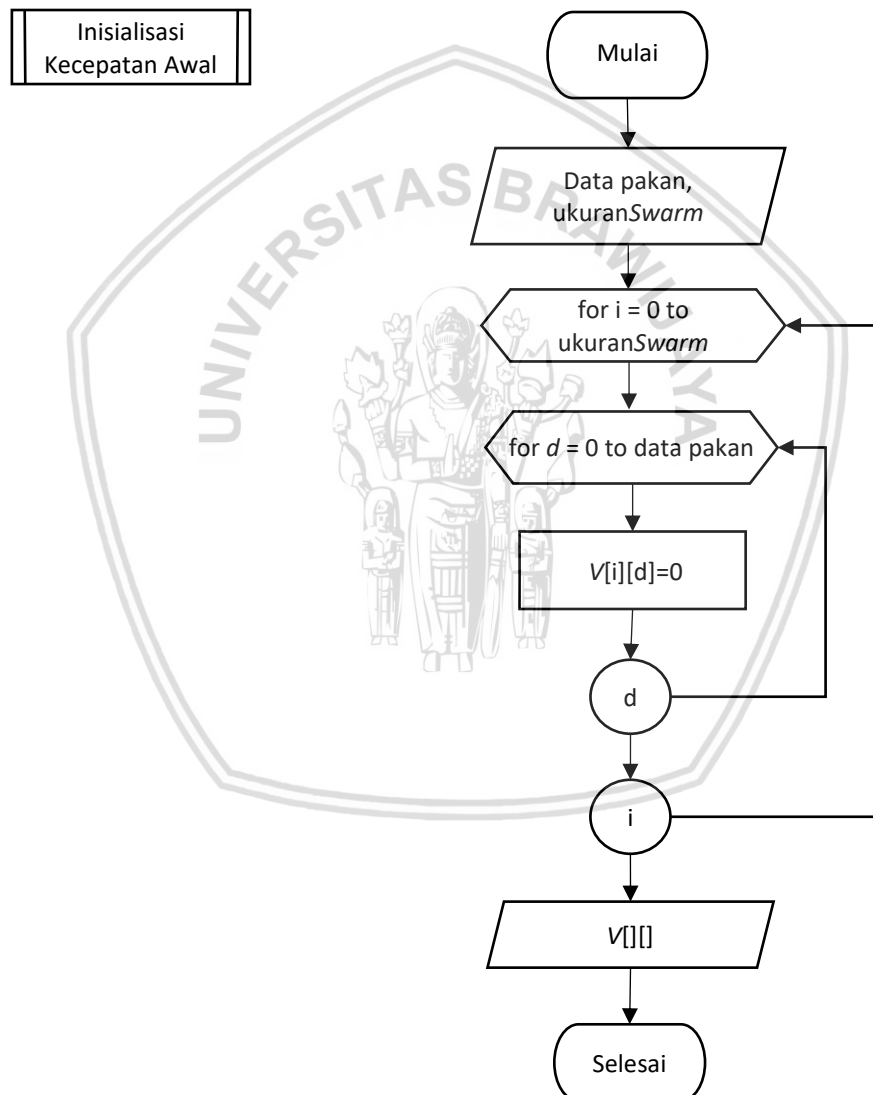
4.2.2 Inisialisasi Kecepatan Awal

Setelah dilakukan inisialisasi partikel, selanjutnya melakukan inisialisasi kecepatan awal. Proses ini memberikan nilai 0 pada kecepatan awal partikel karena partikel masih belum berpindah dari posisi awal. Kecepatan diinisialisasi sebanyak jumlah dimensi dan partikel yang telah ditentukan.

Langkah-langkah inisialisasi partikel pada algoritme PSO berdasarkan Gambar 4.3 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa data jenis pakan yang mewakili panjang dimensi dan ukuran *swarm* yang mewakili jumlah partikel.
2. Untuk tiap partikel sampai jumlah *swarm*, lakukan langkah 3.
3. Untuk tiap jenis pakan dari partikel diperoleh nilai 0 untuk inisialisasi kecepatan awal partikel tersebut.
4. Keluaran sistem adalah partikel PSO sebanyak kecepatan awal.

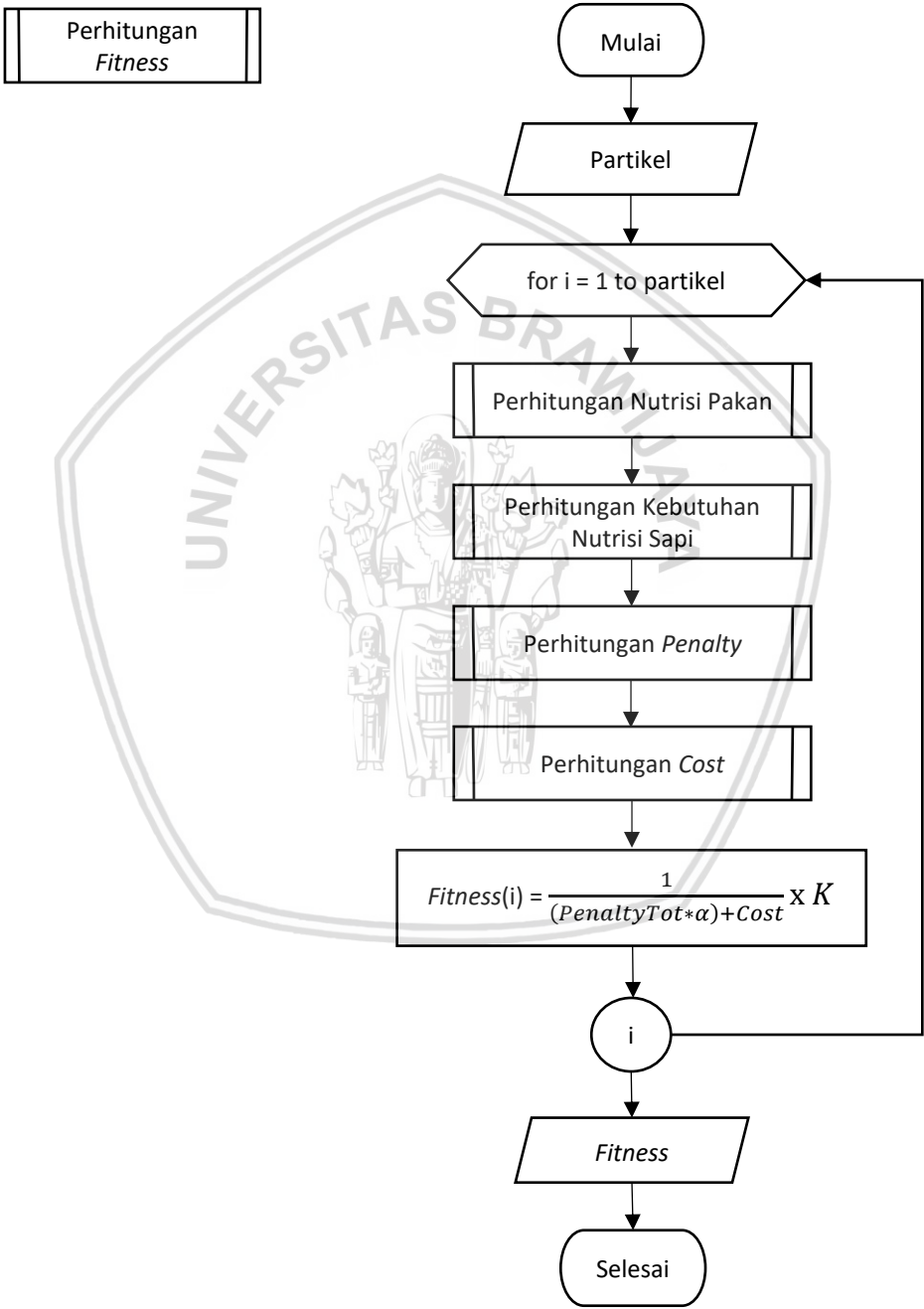
Diagram alir proses inisialisasi kecepatan awal pada algoritme PSO ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Diagram Alir Inisialisasi Kecepatan Awal

4.2.3 Perhitungan *Fitness*

Setiap partikel akan menghasilkan nilai *fitness* untuk menentukan seberapa optimal solusi yang didapatkan. Pada penelitian ini, nilai *fitness* yang semakin tinggi diharapkan mampu untuk memaksimalkan nutrisi pakan yang didapatkan sapi jantan dengan sisa bahan pakan paling minimum. Diagram alir perhitungan nilai *fitness* ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Perhitungan *Fitness*

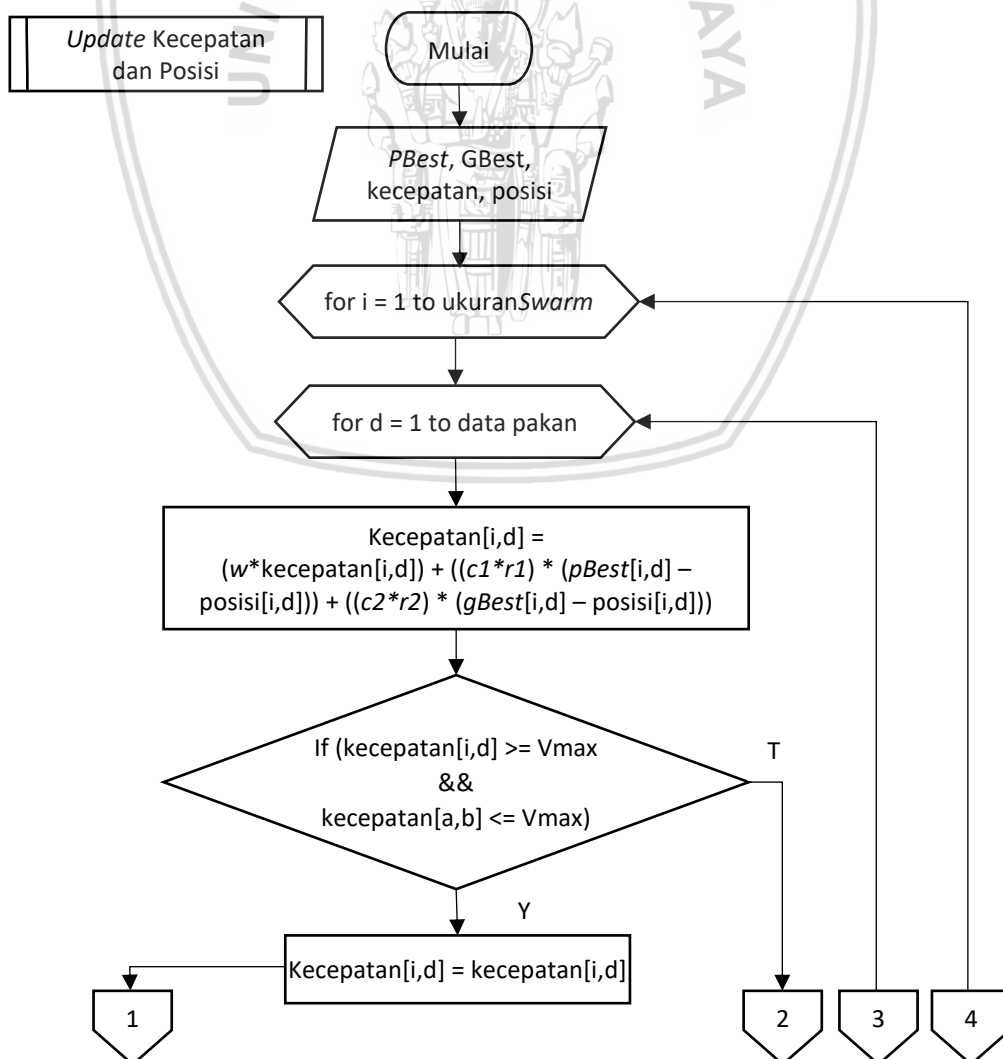
Langkah-langkah nilai *fitness* pada algoritme PSO berdasarkan Gambar 4.4 adalah sebagai berikut:

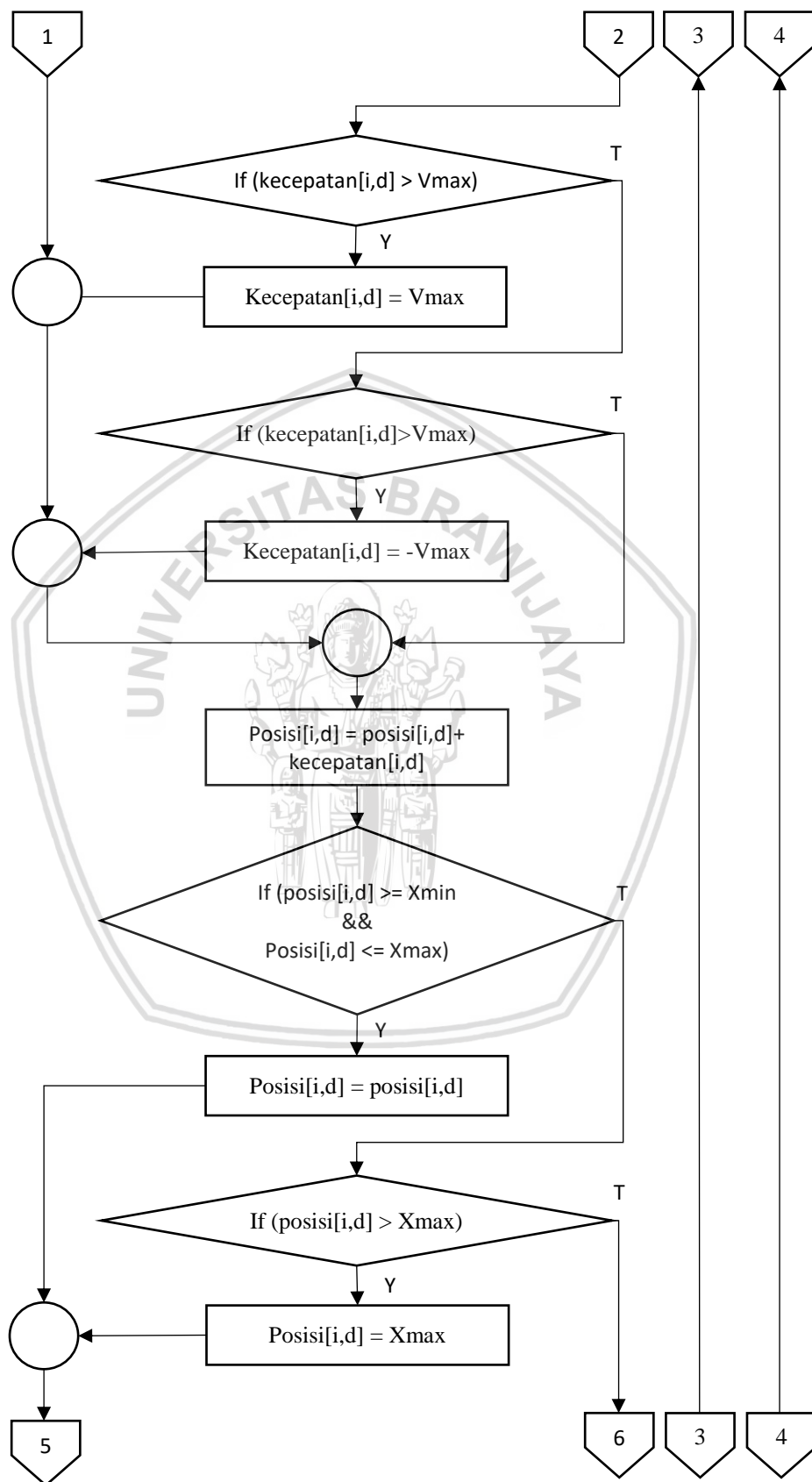
1. Sistem menerima masukan berupa partikel.
2. Untuk partikel 1 sampai dengan sejumlah ukuran *swarm*, lakukan langkah 3 sampai dengan 8.
3. Melakukan perhitungan nilai nutrisi dari masing-masing pakan.
4. Melakukan perhitungan nilai kebutuhan nutrisi sapi berdasarkan bobot badan sapi.
5. Melakukan perhitungan nilai *penalty* partikel tersebut sesuai Persamaan 2..
6. Melakukan perhitungan *cost* yaitu harga setiap bahan pakan sapi.
7. Menghitung nilai *fitness* partikel ke-*i* berdasarkan Persamaan 2.9.
8. Keluaran dari proses ini berupa nilai *fitness* dari tiap partikel.

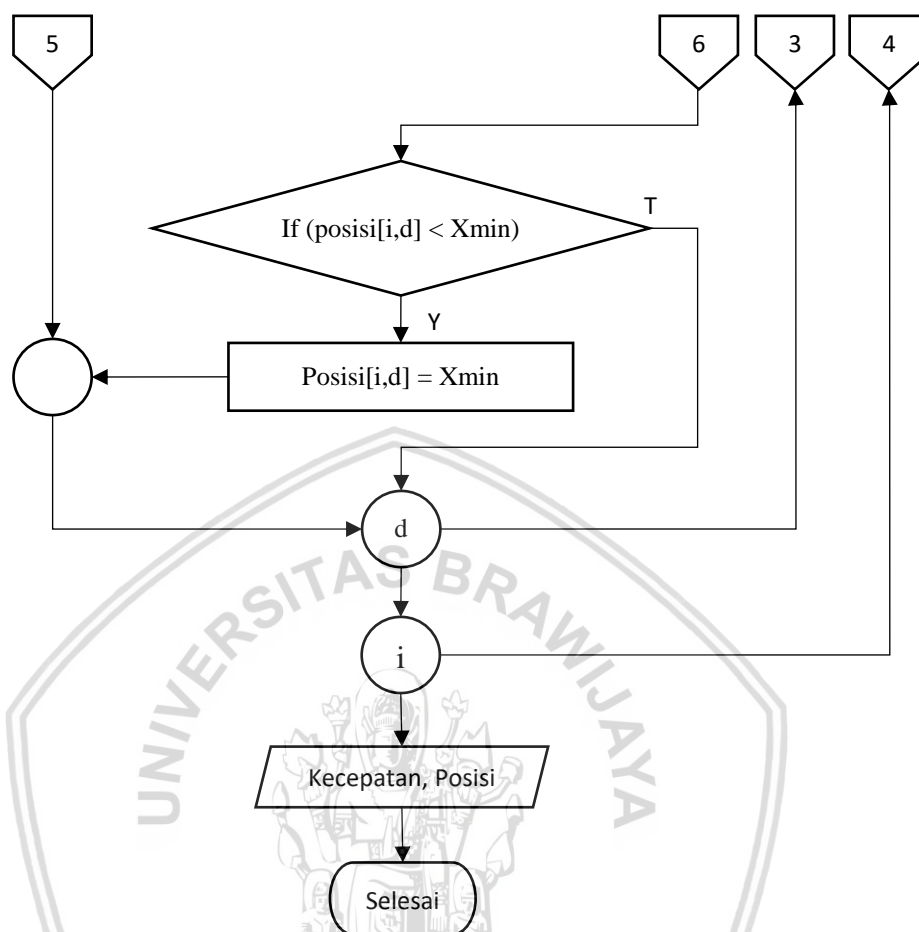
4.2.4 Update Kecepatan dan Posisi

Pada tahap inisialisasi, nilai kecepatan adalah 0 dan nilai posisi sama dengan nilai inisialisasi partikel. Sedangkan nilai posisi dicari menggunakan Persamaan 2.4. Namun pada iterasi berikutnya, nilai kecepatan dan posisi dihitung berdasarkan Persamaan 2.12 dan 2.17.

Diagram alir *update* kecepatan dari posisi ditunjukkan pada Gambar 4.5.







Gambar 4.5 Diagram Alir Proses *Update* Kecepatan dan Posisi

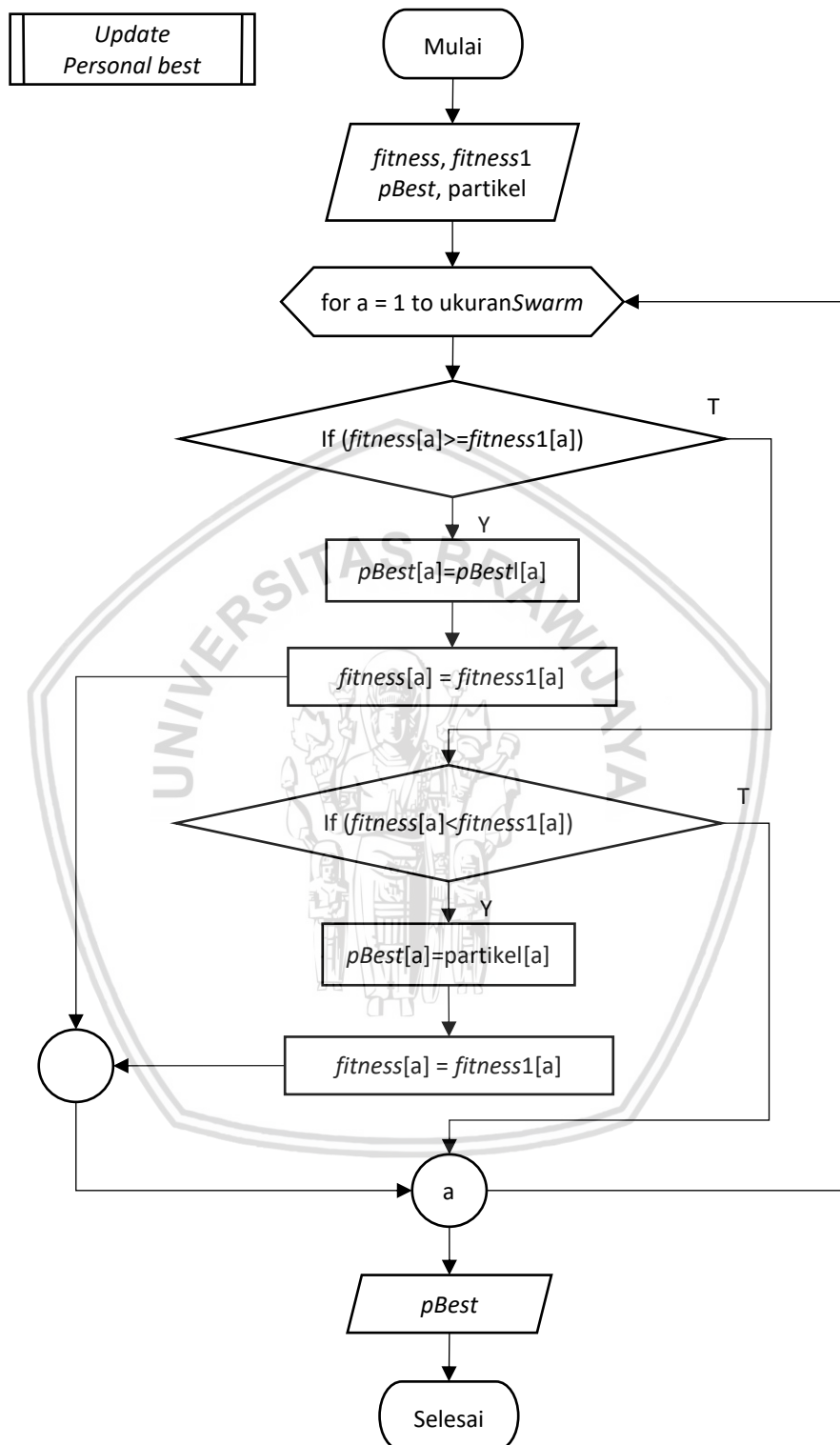
4.2.5 Update Personal Best

Pada tahap inisialisasi yaitu saat iterasi sama dengan nol, nilai *personal best* sama dengan nilai inisialisasi partikel. Pada iterasi berikutnya, nilai *personal best* diperoleh dengan membandingkan nilai *fitness personal best* sekarang dengan iterasi sebelumnya.

Langkah-langkah *update personal best* pada algoritme PSO berdasarkan Gambar 4.6 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa *personal best*, *fitness* sebelumnya, *fitness* sekarang dan posisi partikel.
2. Melakukan *update personal best* dengan membandingkan nilai terbesar dari *fitness* sebelumnya dengan *fitness* sekarang.
3. Keluaran dari sistem adalah nilai *personal best* yang telah diperbarui.

Diagram alir *update personal* dan *global best* partikel ditunjukkan pada Gambar 4.6.

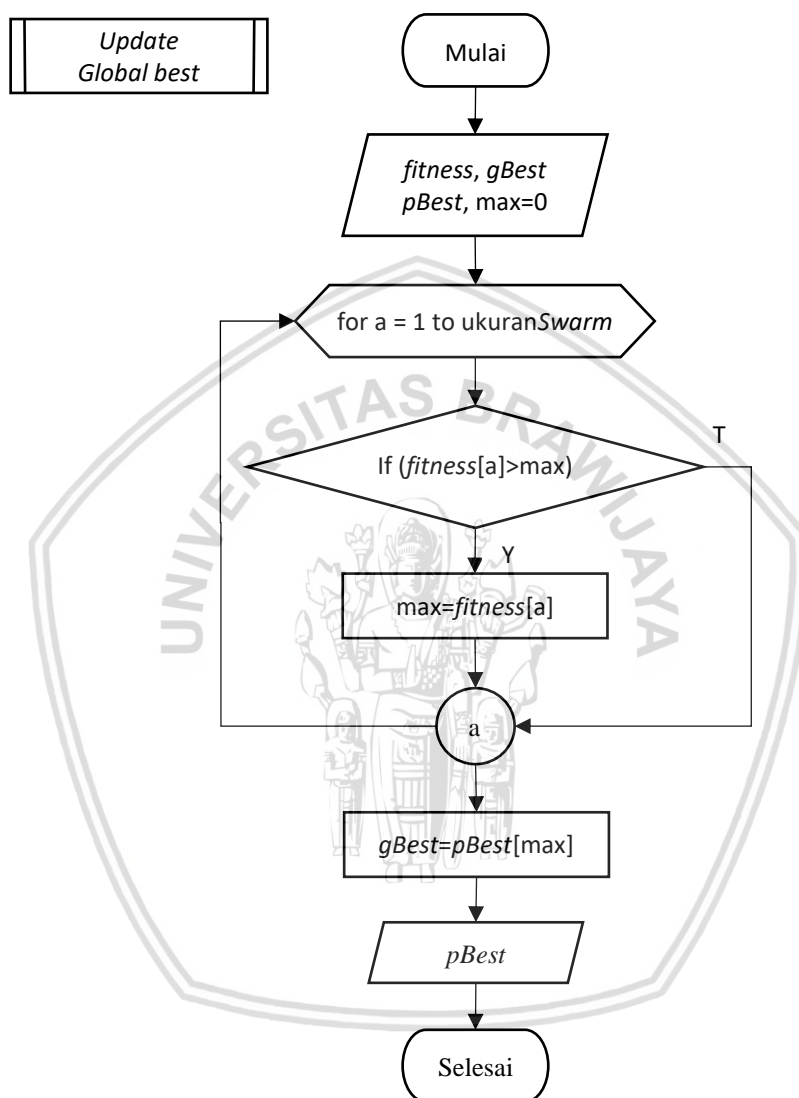


Gambar 4.6 Diagram Alir Proses *Update Personal Best*

4.2.6 Update Global Best

Global best ditentukan berdasarkan nilai *personal best* dengan *fitness* terbesar. Pada iterasi berikutnya, nilai *personal best* diperoleh dengan membandingkan nilai

fitness personal best sekarang dengan iterasi sebelumnya. Nilai *fitness global best* diperoleh dengan membandingkan nilai *personal best* pada *array personal best* dengan *fitness* yang disimpan pada *variable max*. Jika nilai *fitness* pada *array personal best* lebih besar maka akan menggantikan nilai *max* hingga diperoleh *fitness* terbesar yang akan menjadi *global best*. Diagram alir *global best* ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram Alir Proses Update Global Best

Langkah-langkah *update personal best* pada algoritme PSO berdasarkan Gambar 4.7 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa nilai *fitness* dari *personal best*, *global best*, *personal best* dan inisialisasi *variable max*.
2. Melakukan *update global best* dengan nilai *fitness* terbesar.
3. Keluaran dari sistem adalah nilai *global best* yang telah diperbarui.

4.3 Contoh Perhitungan Manual Menggunakan Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Siklus algoritme PSO yang telah diuraikan pada subbab 4.2 selanjutnya akan disederhanakan menjadi perhitungan manual untuk memudahkan pemahaman tentang penyelesaian masalah optimasi komposisi pakan sapi jantan sebelum diimplementasikan ke dalam kode program. Perhitungan optimasi komposisi pakan sapi jantan akan diuraikan pada subbab berikutnya.

Perhitungan manual pada penelitian ini menggunakan sampel data bobot komposisi pakan sapi jantan yang dibangkitkan secara acak sebanyak jumlah partikel. Berikut merupakan parameter algoritme PSO yang akan digunakan dalam skripsi ini yaitu:

- *Swarm size* = 2
- Jumlah iterasi = 2
- Bobot inersia maksimal (w_{max}) = 0.9
- Bobot inersia minimal (w_{min}) = 0.4
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} & c_{1f}) = 2.5 & 0.5
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} & c_{2f}) = 0.5 & 2.5

Terdapat beberapa parameter algoritme PSO yang telah diinisialisasi dari awal yaitu:

- Konstanta $k = 0.2$
- Jumlah dimensi sesuai dengan data pakan yang tersedia = 3
- Minimal dan maksimal posisi (Interval) pada setiap dimensi adalah sebagai berikut:
 - $x_{min1} = 10$ dan $x_{max1} = 50$
 - $x_{min2} = 2.5$ dan $x_{max1} = 11.14$
 - $x_{min3} = 0.25$ dan $x_{max3} = 1$

4.3.1 Inisialisasi Partikel

Inisialisasi partikel sebagai representasi solusi dalam penelitian ini menggunakan pengkodean *real* yang melambangkan bobot tiap pakan dalam satuan kilogram (kg). Bobot pakan dibangkitkan secara acak dengan interval yang berbeda pada setiap dimensi, interval x_{min} dan x_{max} dapat dilihat pada Subbab 4.3. Dimensi partikel ada 4 sesuai dengan jumlah bahan pakan yang akan yang diambil dari Lampiran 1.

Inisialisasi partikel awal terdiri dari 2 partikel seperti pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Inisialisasi Partikel

<i>Swarm</i> ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	50	30	6.5	1
2	40	24	5.5	1

4.3.2 Inisialisasi Kecepatan Awal

Kecepatan awal diinisialisasi dengan nilai 0 disebabkan pada saat ini partikel belum melakukan perpindahan. Contoh hasil inisialisasi kecepatan awal dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Inisialisasi Kecepatan Awal

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0

4.3.3 Perhitungan Nilai *Fitness* Iterasi 0

Nilai *fitness* dihitung berdasarkan kebutuhan nutrisi seekor sapi jantan yaitu kebutuhan BK, PK, dan TDN. Nutrisi tersebut dihitung hingga menghasilkan nilai *penalty*. Selain itu, nilai *fitness* juga dihitung berdasarkan sisa nutrisi yaitu selisih nutrisi pakan dengan kebutuhan nutrisi. Kedua atribut tersebut berbanding terbalik dengan optimasi, sehingga diharapkan mampu memberikan hasil *fitness* terbesar.

Proses mendapatkan nilai *fitness* terbesar dibagi menjadi tiga tahap, yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung nutrisi pakan

Berikut adalah bobot pakan sapi jantan pada partikel pertama yang diambil dari Tabel 4.2, dan ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Bobot Bahan Pakan

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	50	40	6.5	1
2	40	24	5.5	1

Kemudian menghitung nutrisi bahan pakan menggunakan Persamaan 2.1-2.3 dan informasi nutrisi pakan sapi jantan dapat dilihat pada Tabel 2.2. Berikut contoh perhitungan nutrisi pakan pada partikel pertama dimensi ke-1.

$$\begin{aligned}
 \text{BK} &= 50 \times 51.35\% \\
 &= 25.675 \\
 \text{TDN} &= 50 \times 51.35\% \times 52.00\% \\
 &= 13.351 \\
 \text{PK} &= 50 \times 51.35\% \times 10.02\% \\
 &= 2.572635
 \end{aligned}$$

Perhitungan nutrisi dilakukan sampai dimensi terakhir yaitu dimensi ke- 4. Hasil perhitungan nutrisi pada partikel 1 dapat dilihat pada Tabel 4.5. Dari hasil perhitungan tersebut diteruskan dengan mencari nilai *penalty* yang akan menjadi pertimbangan dalam pencarian nilai *fitness*.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Nutrisi

Dimensi ke-	BK	TDN	PK
1	25.675	13.351	2.572635
2	7.005	3.7819995	0.60523
3	5.8487	4.426296	1.052181
4	0.8696	0.438974	0.072799
Total	39.3983	21.99827	4.302746

2. Menghitung *Penalty*

Setelah kebutuhan nutrisi sapi jantan diketahui, kemudian menghitung nilai *penalty*. Perhitungan nilai *penalty* dilakukan dengan membandingkan total nutrisi pada Tabel 4.4 dengan kebutuhan nutrisi sapi jantan pada Tabel 2.4.

Dari Tabel 2.3 dapat ditentukan kebutuhan nutrisi sapi jantan dengan bobot 1114 kg membutuhkan nutrisi sebagai berikut:

- BK = 15.54 kg
- TDN = 8.2 kg
- PK = 1.554 kg

Berikut ini adalah perhitungan nilai *penalty* nutrisi pakan dengan kebutuhan nutrisi:

- *Penalty* BK = $39.3983 \geq 15.54$ maka *penalty* = 0
- *Penalty* TDN = $21.99827 \geq 8.2$ maka *penalty* = 0
- *Penalty* PK = $4.302746 \geq 1.554$ maka *penalty* = 0
- *Penalty* Total = $0 + 0 + 0 = 0$

3. Menghitung *Cost*

Tahap terakhir adalah menghitung *cost* menggunakan Persamaan 2.8 yaitu harga seluruh bahan pakan sapi. Berikut diberikan contoh perhitungan *cost* seluruh bahan pakan pada partikel pertama.

- $Cost = (50 \times 300) + (30 \times 1500) + (6.5 \times 6500) + (1 \times 2500)$
= 104750

Setelah mendapatkan nilai *penalty* dan *cost*, kemudian mencari nilai *fitness* untuk partikel pertama menggunakan Persamaan 2.9. Tahapan perhitungan *fitness* ini juga berlaku untuk menghitung nilai *fitness* pada partikel lain. Berikut adalah contoh perhitungan nilai *fitness* partikel ke-1.

- $Fitness = \frac{1}{(0 \times 4 \times 100 \times 1000) + 104750} \times 100000$
= 0.954653938

Hasil nilai *fitness* seluruh partikel dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Nilai *Fitness* Partikel

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay	<i>Fitness</i>
1	50	30	6.5	1	0.954653
2	40	24	5.5	1	1.159420

4.3.4 Perhitungan Inisialisasi *Personal Best* dan *Global Best*

Inisialisasi nilai *personal best* nilainya sama seperti inisialisasi awal partikel PSO. Inisialisasi nilai *personal best* disertai nilai *fitness* ditunjukkan pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Inisialisasi *Personal Best*

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay	Fitness
1	50	40	6.5	1	0.954653
2	40	24	5.5	1	1.159420

Sedangkan nilai *global best* merupakan nilai *personal best* yang mempunyai *fitness* terbesar. Inisialisasi nilai *global best* ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Inisialisasi *Global Best*

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay	Fitness
2	40	24	5.5	1	1.159420

4.3.5 Perhitungan *Update Kecepatan dan Posisi (Iterasi 1)*

Update kecepatan dan posisi partikel pada iterasi 1 dan selanjutnya dihitung berdasarkan persamaan 2.12 dan 2.17. Langkah-langkah menghitung nilai *update* kecepatan dan posisi partikel adalah:

Langkah 1: menghitung perubahan bobot inersia menggunakan Persamaan 2.13 dengan nilai w_{max} dan w_{min} pada Subbab 4.3.

$$w = 0.9 - \left(\left(\frac{0.9-0.4}{2} \right) \times 1 \right) = 0.65$$

Langkah 2: menghitung nilai kecepatan partikel berdasarkan Persamaan 2.12. Sebelum itu, terlebih dahulu menghitung *time varying acceleration coefficients* (TVAC) untuk nilai c_1 dan c_2 menggunakan Persamaan 2.14, serta nilai c_{1i} , c_{1f} , c_{2i} dan c_{2f} yang telah diinisialisasi pada Subbab 4.3. Berikut ini adalah contoh perhitungan mulai dari c_1 dan c_2 , hingga nilai kecepatan pada partikel ke-1 dimensi ke-1.

$$c_1 = \left((0.5 - 2.5) \times \left(\frac{1}{2} \right) \right) + 2.5 = 1.5$$

$$c_2 = \left((2.5 - 0.5) \times \left(\frac{1}{2} \right) \right) + 0.5 = 1.5$$

$$V_{1,1}(1) = (0.65 * 0) + (1.5 * 0.5 * (50 - 50)) + (1.5 * 0.5 * (40 - 50)) = -7.5$$

Perlu diketahui bahwa nilai r_1 dan r_2 merupakan nilai *random* yang berbeda tiap dimensi partikel dan setiap iterasi. Berikut adalah hasil *update* kecepatan dari semua partikel pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan *Update Kecepatan Partikel*

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	-7.5	0	-0.75	0
2	0	0	0	0

Langkah 3: melakukan perbaikan kecepatan, hal ini dilakukan untuk mencegah partikel bergerak keluar dari ruang batas pencarian. Sehingga diperlukan perbaikan kecepatan untuk mengontrol eksplorasi *global* partikel dan mencegah partikel bergerak terlalu jauh (*velocity explosion*) (Wardhany, et al., 2017). Perbaikan kecepatan ini berdasarkan Persamaan 2.15, jika nilai kecepatan partikel lebih besar dari V_{max} , maka kecepatan partikel disamakan nilainya dengan V_{max} . Jika nilai kecepatan partikel lebih kecil dari nilai $-V_{max}$, maka nilai partikel menjadi $-V_{max}$. Nilai V_{max} dihitung berdasarkan Persamaan 2.16 dan interval posisi partikel telah diinisialisasi pada Subbab 4.3. Nilai konstanta k diinisialisasi secara acak dengan nilai sesuai pada Subbab 4.3. Berikut adalah contoh perhitungan nilai V_{max} pada dimensi ke-1 dan dimensi ke-3. Kemudian perbaikan kecepatan untuk partikel ke-1 dimensi ke-1 serta partikel ke-1 dimensi ke-3. Dan hasil perbaikan keseluruhan partikel akan ditampilkan pada Tabel 4.10.

$$V_{max1} = 0.2 * \left(\frac{50-10}{2} \right) = 4$$

$$V_{max3} = 0.2 * \left(\frac{10-1}{2} \right) = 0.9$$

Perbaikan $V_{1,1}(1) = -7.5 < 4$ maka $V_{1,1}(1) = -4$

Perbaikan $V_{1,3}(1) = -0.75 > -0.9$ maka $V_{1,3}(1) = -0.75$

Tabel 4.10 Hasil Perbaikan Kecepatan Partikel

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	-4	0	-0.75	0
2	0	0	0	0

Langkah 4: menghitung nilai posisi partikel berdasarkan Persamaan 2.17, nilai kecepatan yang digunakan dalam proses ini adalah nilai kecepatan yang sudah mengalami perbaikan. Berikut adalah contoh perhitungan nilai posisi partikel ke-1 dimensi ke-1.

$$X_{1,1}(1) = 50 + (-4) = 46$$

Hasil perhitungan seluruh posisi partikel dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan *Update* Posisi Partikel

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	46	27.6	5.75	1
2	40	24	5.5	1

4.3.6 Perhitungan Nilai *Fitness* Iterasi 1

Seperti halnya pada iterasi 0, nilai *fitness* iterasi 1 juga dihitung untuk setiap partikel. Hasil perhitungan nilai *fitness* iterasi 1 ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan Nilai *Fitness* Iterasi 1

Swarm ke-	Nilai Partikel				PenaltyTot (kg)	Cost (Rupiah/kg)	Fitness
1	46	27.6	5.75	1	0	95075	1.051801
2	40	24	5.5	1	0	86250	1.159420

4.3.7 Perhitungan *Update Personal Best* dan *Global Best* (Iterasi 1)

Update personal best pada iterasi 1 dan selanjutnya didapatkan dengan membandingkan nilai *fitness* paling besar antara nilai *fitness personal best* iterasi sebelumnya dengan nilai *fitness* posisi sekarang. Nilai *fitness* terbesar akan menjadi nilai *fitness personal best* terbaru. Jika nilai *fitness* pada kedua iterasi sama, maka nilai *fitness* yang digunakan untuk *personal best* yang terbaru adalah nilai *fitness* iterasi sebelumnya. Sedangkan *global best* diperoleh dari partikel dengan *fitness* terbesar dalam *personal best* yang telah terpilih. Tabel 4.13 menunjukkan perbandingan nilai *fitness personal best* iterasi 0 dan iterasi 1.

Tabel 4.13 Perbandingan *Fitness* Iterasi 0 dan Iterasi 1

Swarm ke-	Fitness <i>pBest</i> Iterasi 0	Fitness Posisi Iterasi 1
1	0.954653	1.051801
2	1.159420	1.159420

Dari perbandingan tersebut didapatkan nilai *personal best* yang baru ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 *Update Personal Best*

Swarm ke-	Nilai Partikel				PenaltyTot (kg)	Cost (Rupiah/kg)	Fitness
1	46	27.6	5.75	1	0	95075	1.051801
2	40	24	5.5	1	0	86250	1.159420

Selanjutnya dilakukan *update* nilai *global best* berdasarkan nilai *fitness* terbesar dari *personal best* yang diperbarui. Hasil *update global best* ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 *Update Global Best*

Swarm ke-	Nilai Partikel				PenaltyTot (kg)	Cost (Rupiah/kg)	Fitness
2	40	24	5.5	1	0	86250	1.159420

4.3.8 Perhitungan *Update Kecepatan* dan *Posisi* (Iterasi 2)

Sebelum menentukan kecepatan partikel terlebih dahulu menentukan bobot inersianya dengan Persamaan 2.13, nilai w_{max} dan w_{min} ditentukan sesuai dengan nilai yang ditentukan pada Subbab 4.3. Berikut perhitungan bobot inersianya:

$$w = 0.9 - \left(\left(\frac{0.9-0.4}{2} \right) \times 2 \right) = 0.4$$

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai kecepatan partikel berdasarkan persamaan 2.12. Sebelum itu, didapatkan terlebih dahulu nilai c_1 dan c_2 menggunakan Persamaan 2.14 dengan nilai c_{1i} , c_{1f} , c_{2i} dan c_{2f} yang telah diinisialisasi pada Subbab 4.3. Dan nilai r_1 dan r_2 yang digunakan adalah nilai *random* yang berbeda tiap dimensi partikel dan setiap iterasi. Berikut ini merupakan perhitungan nilai c_1 dan c_2 dan diinisialisasikan pada perhitungan kecepatan pada partikel ke-1 dimensi ke-1:

$$c_1 = \left((0.5 - 2.5) \times \left(\frac{2}{2} \right) \right) + 2.5 = 0.5$$

$$c_2 = \left((2.5 - 0.5) \times \left(\frac{2}{2} \right) \right) + 0.5 = 2.5$$

$$V_{1,1}(1) = (0.4 * -4) + (0.5 * 0.5 * (46 - 46)) + (2.5 * 0.5 * (40 - 46)) \\ = -9.1$$

Berikut adalah hasil *update* kecepatan dari semua partikel pada iterasi 2 ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Update Kecepatan Partikel (Iterasi 2)

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	-9.1	0	-0.6125	0
2	0	0	0	0

Langkah berikutnya adalah melakukan perbaikan kecepatan berdasarkan Persamaan 2.15. Sebelumnya terlebih dahulu mendapatkan nilai V_{max} menggunakan Persamaan 2.16 untuk digunakan pada perhitungan perbaikan kecepatan. Berikut adalah contoh perhitungan nilai V_{max} pada dimensi ke-1 dan dimensi ke-3. Kemudian perbaikan kecepatan untuk partikel ke-1 dimensi ke-1 serta partikel ke-1 dimensi ke-3.

$$V_{max1} = 0.2 * \left(\frac{50-10}{2} \right) = 4$$

$$V_{max3} = 0.2 * \left(\frac{11.14-2.5}{2} \right) = 0.864$$

Perbaikan $V_{1,1}(1) = -9.1 < -4$ maka $V_{1,1}(1) = -4$

Perbaikan $V_{1,3}(1) = -0.6125 > -0.864$ maka $V_{1,3}(1) = -0.6125$

Hasil perbaikan keseluruhan partikel akan ditampilkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Perbaikan Kecepatan Partikel (Iterasi 2)

Swarm ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	-4	0	-0.6125	0
2	0	0	0	0

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai posisi partikel berdasarkan Persamaan 2.17. Berikut perhitungan nilai posisi partikel ke-1 dimensi ke-1.

$$X_{1,1}(1) = 46 + (-4) \\ = 42$$

Hasil perhitungan seluruh posisi partikel dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan berikut ini.

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan *Update* Posisi Partikel (Iterasi 2)

<i>Swarm</i> ke-	Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	42	25.2	5.1375	1
2	40	24	5.5	1

4.3.9 Perhitungan Nilai *Fitness* Iterasi 2

Nilai *fitness* pada iterasi 2 dihitung untuk masing-masing partikel. Hasil perhitungan nilai *fitness* iterasi 2 ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perhitungan Nilai *Fitness* Iterasi 2

<i>Swarm</i> ke-	Nilai Partikel				<i>PenaltyTot</i> (kg)	<i>Cost</i> (Rupiah/kg)	<i>Fitness</i>
1	42	25.2	5.1375	1	0	86294	1.158832
2	40	24	5.5	1	0	86250	1.159420

4.3.10 Perhitungan *Update Personal Best* dan *Global Best* (Iterasi 2)

Tabel 4.20 menunjukkan perbandingan nilai *fitness personal best* iterasi 1 dan iterasi 2.

Tabel 4.20 Perbandingan *Fitness* Iterasi 1 dan Iterasi 2

<i>Swarm</i> ke-	<i>Fitness pBest</i> Iterasi 1	<i>Fitness</i> Posisi Iterasi 2
1	1.051801	1.158832
2	1.159420	1.159420

Dari perbandingan tersebut didapatkan nilai *personal best* yang baru ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 *Update Personal Best*

<i>Swarm</i> ke-	Nilai Partikel				<i>PenaltyTot</i> (kg)	<i>Cost</i> (Rupiah/kg)	<i>Fitness</i>
1	42	25.2	5.1375	1	0	86294	1.158832
2	40	24	5.5	1	0	86250	1.159420

Selanjutnya dilakukan *update* nilai *global best* berdasarkan nilai *fitness* terbesar dari *personal best* yang diperbarui. Hasil *update global best* ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Update Global Best

Swarm ke-	Nilai Partikel				PenaltyTot (kg)	Cost (Rupiah/kg)	Fitness
2	40	24	5.5	1	0	86250	1.159420

Dari hasil *update global best* tersebut, solusi permasalahan untuk penentuan komposisi pakan sapi jantan yang optimal adalah 40 kg hijauan, 24 kg silase, 5.5 kg konsentrat dan 1 kg hay.

4.4 Perancangan Pengujian Algoritme

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian terkait parameter algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO), konvergensi dan data. Parameter PSO digunakan untuk mengoptimasi komposisi pakan sapi jantan. Sedangkan pengujian konvergensi digunakan untuk mengetahui kapan sistem mengalami konvergen. Pengujian dilakukan secara sekuensial, jika pengujian menghasilkan parameter terbaik maka parameter tersebut digunakan untuk pengujian berikutnya. Selanjutnya akan dijelaskan pada subbab berikut ini.

4.4.1 Pengujian Parameter PSO

Pengujian dilakukan untuk mencari parameter algoritme PSO terbaik, sehingga dapat digunakan untuk mencari solusi optimal dalam permasalahan komposisi pakan sapi jantan. Skenario pengujian yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Pengujian ukuran *swarm*
2. Pengujian jumlah iterasi
3. Pengujian bobot inersia
4. Pengujian koefisien akselerasi

4.4.1.1 Pengujian Ukuran *Swarm*

Pengujian ukuran *swarm* dilakukan untuk mengetahui jumlah partikel yang dibutuhkan dalam menentukan komposisi pakan sapi jantan yang optimal. Ukuran *swarm* yang diujikan adalah kelipatan 20 sampai 200 sebanyak 10 kali yang ditunjukkan pada Tabel 4.23. Parameter yang digunakan pada pengujian ukuran *swarm* adalah sebagai berikut:

- | | |
|---|-------------|
| a. Bobot sapi jantan (kg) | = 1114 |
| b. Nilai <i>random</i> (r_1 & r_2) | = 0.5 & 0.5 |
| c. Nilai k | = 0.2 |
| d. Bobot inersia maksimum (w_{max}) | = 0.9 |
| e. Bobot inersia minimum (w_{min}) | = 0.4 |
| f. Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) | = 2.5 & 0.5 |
| g. Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) | = 0.5 & 2.5 |
| h. Ukuran <i>swarm</i> | = 20 - 200 |
| i. Jumlah iterasi | = 40 |

Tabel 4.23 Rancangan Pengujian Ukuran Swarm

Ukuran Swarm	Fitness Percobaan Ke-										Rata-rata Fitness
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20											
40											
60											
80											
100											
120											
140											
160											
180											
200											

4.4.1.2 Pengujian Jumlah Iterasi

Pengujian jumlah iterasi dilakukan untuk mengetahui jumlah iterasi yang tepat dalam menentukan komposisi pakan sapi jantan yang optimal. Jumlah iterasi yang digunakan adalah kelipatan 20 sampai 200 sebanyak 10 kali yang ditunjukkan pada Tabel 4.24. Parameter yang digunakan pada pengujian jumlah iterasi adalah sebagai berikut:

- Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- Nilai *random* (r_1 & r_2) = 0.5 & 0.5
- Nilai k = 0.2
- Bobot inersia maksimum (w_{max}) = 0.9
- Bobot inersia minimum (w_{min}) = 0.4
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = 2.5 & 0.5
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = 0.5 & 2.5
- Ukuran *swarm* = jumlah *swarm* terbaik pada pengujian ukuran *swarm*
- Jumlah iterasi = 20 - 200

Tabel 4.24 Rancangan Pengujian Jumlah Iterasi

Jumlah iterasi	Fitness Percobaan Ke-										Rata-rata Fitness
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20											
40											
60											
80											
100											
120											
140											
160											
180											
200											

4.4.1.3 Pengujian Bobot Inersia

Pengujian bobot inersia dilakukan untuk mengetahui kombinasi bobot inersia maksimal dan bobot inersia minimal yang tepat untuk menghasilkan komposisi

pakan sapi jantan yang optimal. Bobot inersia maksimal dan minimal diuji coba pada rentang 0.4 sampai dengan 0.9 yang ditunjukkan pada Tabel 4.25, uji coba dilakukan sebanyak 10 kali Parameter yang digunakan untuk pengujian bobot inersia adalah sebagai berikut:

- Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- Nilai *random* (r_1 & r_2) = 0.5 & 0.5
- Nilai k = 0.2
- Bobot inersia maksimum (w_{max}) = 0.4 – 0.9
- Bobot inersia minimum (w_{min}) = 0.4 – 0.9
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = 2.5 & 0.5
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = 0.5 & 2.5
- Ukuran *swarm* = jumlah *swarm* terbaik pada pengujian ukuran *swarm*
- Jumlah iterasi = jumlah iterasi terbaik pada pengujian jumlah iterasi

Tabel 4.25 Rancangan Pengujian Bobot Inersia

Bobot Inersia		Fitness Percobaan Ke-										Rata-rata Fitness
w_{min}	w_{max}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.4	0.5											
0.4	0.6											
0.4	0.7											
0.4	0.8											
0.4	0.9											
0.5	0.9											
0.6	0.9											
0.7	0.9											
0.8	0.9											

4.4.1.4 Pengujian Koefisien Akselerasi

Pengujian koefisien akselerasi dilakukan untuk mengetahui kombinasi koefisien akselerasi 1 dan 2 yang terdiri dari c_{1i} dan c_{1f} serta c_{2i} dan c_{2f} yang tepat untuk menghasilkan solusi optimal pada penentuan komposisi pakan sapi jantan. Pengujian dilakukan pada rentang 2.5 sampai 0.5 untuk c_1 dan 0.5 sampai 2.5 untuk c_2 . Koefisien akselerasi 1 dan 2 diuji coba sebanyak 10 kali seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.26. Parameter yang digunakan untuk pengujian koefisien akselerasi adalah sebagai berikut:

- Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- Nilai *random* (r_1 & r_2) = 0.5 & 0.5
- Nilai k = 0.2
- Bobot inersia maksimum (w_{max}) = w_{max} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Bobot inersia minimum (w_{min}) = w_{min} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = 2.5 - 0.5
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = 0.5 - 2.5
- Ukuran *swarm* = jumlah *swarm* terbaik pada pengujian ukuran *swarm*
- Jumlah iterasi = jumlah iterasi terbaik pada pengujian jumlah iterasi

Tabel 4.26 Rancangan Pengujian Koefisien Akselerasi

Koefisien Akselerasi				Fitness Percobaan Ke-										Rata-rata Fitness
c_1		c_2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
c_{1i}	c_{1f}	c_{2i}	c_{2f}											
2	1	1	2											
2.25	0.5	0.5	2.25											
2.5	0.5	0.5	2.5											
2.5	0.75	0.75	2.5											

4.4.2 Pengujian Konvergensi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pada iterasi berapa partikel mengalami konvergen yaitu tidak ditemukan lagi kenaikan maupun penurunan nilai *fitness*. Uji coba ini menggunakan keseluruhan parameter terbaik dari pengujian sebelumnya dan jumlah iterasi yang dipakai adalah jumlah iterasi maksimum. Kemudian pengujian sebanyak 5 kali untuk mengetahui pada iterasi ke berapa nilai *fitness*-nya akan terus stabil. Parameter yang digunakan untuk pengujian konvergensi adalah sebagai berikut:

- Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- Bobot inersia maksimum (w_{max}) = w_{max} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Bobot inersia minimum (w_{min}) = w_{min} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = c_{1i} dan c_{1f} terbaik pada pengujian koefisien akselerasi
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = c_{2i} dan c_{2f} terbaik pada pengujian koefisien akselerasi
- Ukuran *swarm* = jumlah *swarm* terbaik pada pengujian ukuran *swarm*
- Jumlah iterasi = 400

4.4.3 Pengujian Data

Pengujian ini merupakan pengujian untuk menghasilkan solusi terbaik dari sistem. Pengujian dilakukan terakhir karena membutuhkan semua nilai parameter terbaik dari hasil pengujian yang didapatkan sebelumnya. Berikut nilai parameter yang digunakan dalam pengujian ini.

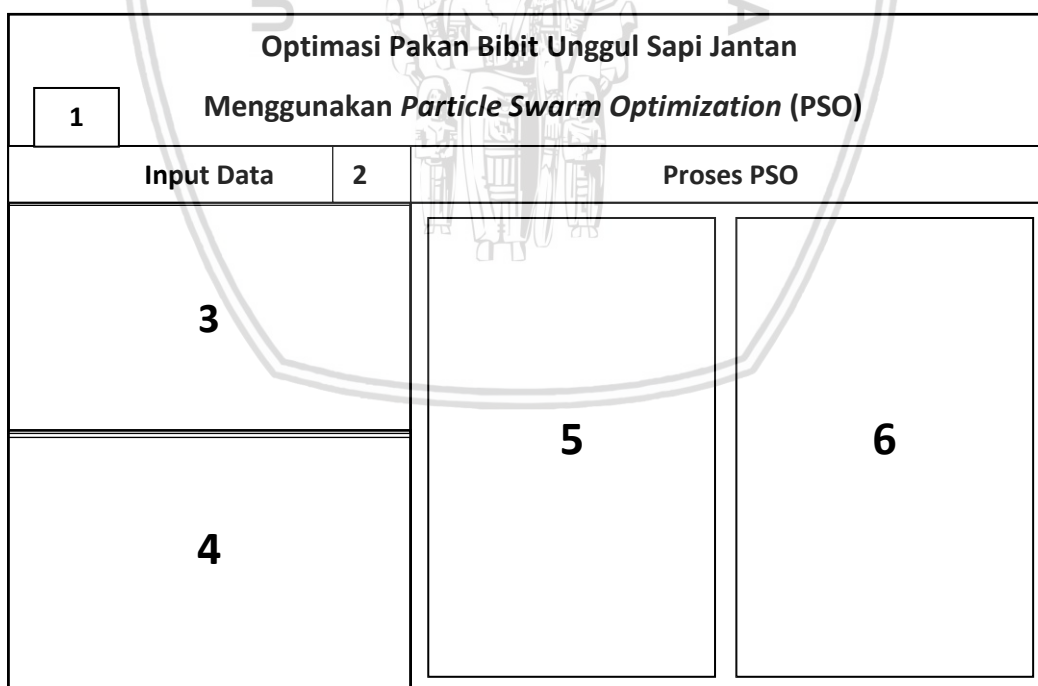
- Bobot sapi jantan (kg) = 400 - 1300
- Bobot inersia maksimum (w_{max}) = w_{max} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Bobot inersia minimum (w_{min}) = w_{min} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = c_{1i} dan c_{1f} terbaik pada pengujian koefisien akselerasi
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = c_{2i} dan c_{2f} terbaik pada pengujian koefisien akselerasi
- Ukuran *swarm* = jumlah *swarm* terbaik pada pengujian ukuran *swarm*
- Jumlah iterasi = jumlah iterasi terbaik pada pengujian konvergensi

4.5 Perancangan Antarmuka

Perancangan antarmuka digunakan untuk menggambarkan bagaimana implementasi sistem optimasi komposisi pakan sapi jantan menggunakan algoritme PSO yang akan dibangun. Antarmuka yang akan dirancang hanya terdiri dari 1 halaman yaitu dengan menggabungkan halaman input data dan halaman proses algoritme PSO. Perancangan antarmuka halaman dari sistem optimasi komposisi pakan sapi jantan menggunakan algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Keterangan perancangan antarmuka halaman pada Gambar 4.8 adalah sebagai berikut:

1. *Header* sistem.
2. *Tab* menu input data.
3. *Textbox* untuk memasukkan parameter PSO dan data berat sapi jantan berupa berat badan.
4. *Textbox* untuk memasukkan nilai proksimat berupa nilai BK, TDN, dan PK pada bahan pakan hijauan, silase, konsentrat dan hay.
5. *Datagridview* untuk menampilkan hasil perhitungan optimasi berupa nilai *fitness*.
6. *Datagridview* untuk menampilkan rekomendasi pakan dalam satuan kilogram dan harga hasil rekomendasi pakan.



Gambar 4.8 Perancangan Antarmuka Halaman

BAB 5 IMPLEMENTASI

Bab ini membahas tentang implementasi dari perancangan *system*. Pembahasan pada bab ini meliputi implementasi algoritme PSO dan implementasi antarmuka.

5.1 Implementasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Implementasi algoritme merupakan hasil perancangan sistem optimasi komposisi pakan bibit unggul sapi jantan menggunakan algoritme PSO ke dalam kode program. Pada sistem ini terdapat beberapa proses meliputi inisialisasi partikel, kecepatan, *personal* dan *global best*, proses menghitung nilai *fitness*, serta proses *update* kecepatan, posisi, *personal* dan *global best*.

5.1.1 Implementasi Inisialisasi Partikel

Implementasi inisialisasi partikel merupakan proses awal pada algoritme PSO. Proses ini dilakukan dengan mengacak posisi memakai pengkodean *real* sampai dengan batas ukuran *swarm* terpenuhi. Implementasi inisialisasi partikel ditunjukkan pada Kode Program 5.1.

```

1  public double[][] setup_particle(int n) {
2      this.particle = new double[n][3];
3      for (int i = 0; i < n; i++) {
4          particle[i][0] = Math.random() * (xmaxHijauan -
5              xminHijauan) + xminHijauan;
6          particle[i][1] = Math.random() * (xmaxKosentrat -
7              xminKosentrat) + xminKosentrat;
8          particle[i][2] = Math.random()*(xmaxHay - xminHay) +
9              xminHay;
10     }
11     return particle;
12 }
```

Kode Program 5.1 Implementasi Inisialisasi Partikel

Penjelasan Kode Program 5.1 tentang implementasi inisialisasi partikel adalah sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan fungsi untuk membangkitkan bilangan *random* pada partikel
2. Baris 2 merupakan inisialisasi nilai *n* sebagai banyaknya partikel dengan jumlah dimensi sebanyak derajat keanggotaan
3. Baris 3-10 melakukan *looping* sebanyak panjang *column* dan *row* dari partikel. Setiap dimensi diinisialisasi secara *random* dengan interval x_{min} dan x_{max} sesuai Subbab 4.2.1
4. Baris 11 mengembalikan partikel awal yang didapatkan secara acak

5.1.2 Implementasi Inisialisasi Kecepatan Awal

Implementasi inisialisasi kecepatan awal dilakukan saat iterasi sama dengan nol. Nilai kecepatan yang diinisialisasi adalah nol untuk semua partikel sejumlah

ukuran *swarm*. Implementasi inisialisasi kecepatan ditunjukkan pada Kode Program 5.2.

1	private double[][][] velocity;
---	--------------------------------

Kode Program 5.2 Implementasi Inisialisasi Kecepatan Awal

Penjelasan Kode Program 5.2 tentang implementasi inisialisasi kecepatan partikel adalah sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan inisialisasi kecepatan awal semua bernilai 0

5.1.3 Implementasi Perhitungan Nilai *Fitness*

Implementasi perhitungan nilai *fitness* merupakan proses untuk menghitung *fitness* pada seluruh partikel PSO. Proses ini dilakukan dengan menghitung nilai *fitness* dari nilai nutrisi pakan, nilai kebutuhan nutrisi sapi, dan total *penalty* sampai dengan batas ukuran *swarm* terpenuhi. Implementasi perhitungan nilai *fitness* ditunjukkan pada Kode Program 5.3.

1	public void evaluasi() throws IOException, BiffException {
2	double bk = 0;
3	double tdn = 0;
4	double pk = 0;
5	double[] batasBawahBobot = {400, 450, 500, 550, 600,
6	650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050, 1100};
7	double[] batasAtasBobot = {449, 499, 549, 599, 649, 699,
8	749, 799, 849, 899, 949, 999, 1049, 1099};
9	double[] kebutuhanBKSapi = {8.07, 8.26, 8.6, 9.26, 9.87,
10	10.48, 11.07, 11.66, 12.24, 12.81, 13.37, 13.92, 14.47,
11	15.01, 15.54};
12	double[] kebutuhanTDNSapi = {4.72, 4.88, 5.02, 5.28,
13	5.21, 5.53, 5.84, 6.15, 6.46, 6.76, 7.06, 7.35, 7.64,
14	7.92, 8.2};
15	double[] kebutuhanPKSapi = {0.968, 0.97, 0.98, 0.984,
16	0.987, 1.048, 1.107, 1.166, 1.224, 1.281, 1.337, 1.392,
17	1.447, 1.501, 1.554};
18	for(int i = 0; i<batasAtasBobot.length; i++){
19	if((bb_sapi >= batasBawahBobot[i]) && (bb_sapi <
20	batasAtasBobot[i])){
21	bk = kebutuhanBKSapi[i];
22	tdn = kebutuhanTDNSapi[i];
23	pk = kebutuhanPKSapi[i];
24	break;
25	}
26	}
27	int indeksTerakhir = batasBawahBobot.length - 1;
28	if(bb_sapi >= batasBawahBobot[indeksTerakhir]){
29	bk = kebutuhanBKSapi[indeksTerakhir];
30	tdn = kebutuhanTDNSapi[indeksTerakhir];
31	pk = kebutuhanPKSapi[indeksTerakhir];
32	}
33	for (int i = 0; i < particle.length; i++) {
34	double total_bk = 0;
35	double total_tdn = 0;
36	double total_pk = 0;
37	for (int j = 0; j < particle[0].length; j++) {
38	

```

39         total_bk += particle[i][j] *
40         proksimat[0][j]/100;
41         total_tdn += particle[i][j] * proksimat[0][j] *
42         proksimat[1][j]/10000;
43         total_pk += particle[i][j] * proksimat[0][j] *
44         proksimat[2][j]/10000;
45     }
46     double silase = 0.6 * particle[i][0];
47     total_bk = total_bk + silase * proksimat[0][3]/100;
48     total_tdn = total_tdn + silase * proksimat[0][3] *
49     proksimat[1][3]/10000;
50     total_pk = total_pk + silase * proksimat[0][3] *
51     proksimat[2][3]/10000;
52     double penalty = 0;
53     double total_penalty = 0;
54     if (total_bk <= bk) {
55         penalty += bk - total_bk;
56     }
57     if (total_tdn <= tdn) {
58         penalty += tdn - total_tdn;
59     }
60     if (total_pk <= pk) {
61         penalty += pk - total_pk;
62     }
63     double[] harga = new double[]{300,6500,2500,1500};
64     double cost = 0;
65     for (int j = 0; j < particle[0].length; j++) {
66         cost = cost + particle[i][j]*harga[j];
67     }
68     cost = cost + 0.6*particle[i][0]*harga[3];
69     fitness[i] = (1/((penalty*4*100*1000) + cost))*100000;
70 }
71 }

```

Kode Program 5.3 Implementasi Perhitungan Nilai *Fitness*

Penjelasan Kode Program 5.3 tentang implementasi perhitungan nilai *fitness* adalah sebagai berikut :

1. Baris 1 membuat fungsi untuk melakukan evaluasi
2. Baris 2-4 merupakan inisialisasi variabel menghitung kandungan nutrisi
3. Baris 5-17 membuat *array* kebutuhan nutrisi sapi berdasarkan bobot sesuai Tabel 2.4
4. Baris 18-32 mengecek bobot sapi yang di *input* apakah termasuk dalam batas bawah dan atas kriteria kebutuhan nutrisi sapi
5. Baris 33-51 merupakan proses penentuan nilai *penalty* dengan menghitung selisih kebutuhan nutrisi dengan kandungan nutrisi pakan. Proses menghitung kandungan nutrisi pakan dilakukan dengan Persamaan 2.1-2.3
6. Baris 52-62 merupakan perhitungan *penalty* seluruh nutrisi bahan pakan setiap partikel sesuai Persamaan 2.7
7. Baris 63-68 merupakan perhitungan *cost* dengan Persamaan 2.8, sebelum menghitung *cost* terlebih dahulu mendeklarasikan variabel harga sesuai Tabel 2.3
8. Baris 69 adalah perhitungan nilai *fitness* setiap partikel sesuai Persamaan 2.9

5.1.4 Implementasi Inisialisasi *Personal Best* dan *Global Best*

Implementasi inisialisasi *personal best* merupakan proses awal untuk menginisialisasi *personal best* pada seluruh partikel PSO. Proses ini dilakukan dengan menginisialisasi *personal best* sampai dengan batas ukuran *swarm* terpenuhi.

Implementasi *global best* merupakan proses awal untuk mencari partikel terbaik dari seluruh *personal best* pada partikel PSO. Proses ini dilakukan dengan menyeleksi nilai *personal best* sampai dengan batas ukuran *swarm* dan diambil nilai *global best*.

Implementasi inisialisasi *personal best* dan *global best* ditunjukkan pada Kode Program 5.4.

```

1 public void update_best(int ii) {
2     if (ii == 0) {
3         for (int i = 0; i < particle.length; i++) {
4             fitness_pbest[i] = fitness[i];
5             pbest[i] = particle[i];
6         }
7         gbest = pbest[0];
8     } else {
9         for (int i = 0; i < fitness_pbest.length; i++) {
10            if (fitness[i] > fitness_pbest[i]) {
11                fitness_pbest[i] = fitness[i];
12                pbest[i] = particle[i].clone();
13            }
14        }
15    }
16    for (int i = 0; i < fitness_pbest.length; i++) {
17        if (fitness_pbest[i] > fitness_gbest) {
18            fitness_gbest = fitness_pbest[i];
19            gbest = pbest[i];
20        }
21    }
22 }

```

Kode Program 5.4 Implementasi Inisialisasi *Personal Best* dan *Global Best*

Penjelasan Kode Program 5.4 tentang implementasi inisialisasi *personal best* dan *global best* adalah sebagai berikut:

1. Baris 1-6 merupakan proses seleksi untuk mengatur nilai awal *personal best*
2. Baris 7 mengatur nilai *pbest* ke-1 sebagai *gbest*
3. Baris 8-15 merupakan proses seleksi untuk mengatur nilai *personal best* sesuai Persamaan 2.10
4. Baris 16-22 merupakan proses perulangan untuk mencari nilai *global best* sesuai Persamaan 2.11, *fitness* semakin besar maka semakin bagus

5.1.5 Implementasi *Update Kecepatan*

Implementasi *update* kecepatan merupakan proses untuk memperbarui kecepatan partikel PSO pada setiap iterasinya. Proses ini dilakukan dengan memperbarui kecepatan untuk semua partikel sampai dengan batas ukuran *swarm*. Implementasi *update* kecepatan ditunjukkan pada Kode Program 5.5.

```

1 public void hitung_kecepatan(int t, int t_max) {
2     double w = 0;
3     double c1 = 0;
4     double c2 = 0;
5     double []v_max = new double[3];
6     double []v_min = new double[3];
7     double k = 0.2 ;
8     v_max[0] = k*(xmaxHijauan - xminHijauan)/2;
9     v_min[0] = -v_max[0];
10    v_max[1] = k*(xmaxKosentrat - xminKosentrat)/2;
11    v_min[1] = -v_max[1];
12    v_max[2] = k*(xmaxHay - xminHay)/2;
13    v_min[2] = -v_max[2];
14    w = w_max - ((w_max - w_min) / t_max) *
15        Double.valueOf(t) ;
16    c1 = (c1f - c1i) * (Double.valueOf(t) /
17        Double.valueOf(t_max)) + c1i;
18    c2 = (c2f - c2i) * (Double.valueOf(t) /
19        Double.valueOf(t_max)) + c2i;
20    for (int i = 0; i < particle.length; i++) {
21        for (int j = 0; j < particle[i].length; j++) {
22            velocity[t + 1][i][j] = w * velocity[t][i][j] +
23                c1 * Math.random() * (pbest[i][j] -
24                    particle[i][j]) + c2 * Math.random() *
25                    (gbest[j] - particle[i][j]);
26            if (velocity[t + 1][i][j] > v_max[j]) {
27                velocity[t + 1][i][j] = v_max[j];
28            } else if (velocity[t + 1][i][j] < v_min[j]) {
29                velocity[t + 1][i][j] = v_min[j];
30            }
31        }
32    }
33 }

```

Kode Program 5.5 Implementasi *Update* Kecepatan

Penjelasan Kode Program 5.5 tentang implementasi *update* kecepatan adalah sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan inisialisasi nama fungsi, dimana fungsi ini memiliki dua *variable* parameter
2. Baris 2-13 merupakan inisialisasi *variable* yang digunakan dalam fungsi
3. Baris 14-15 merupakan proses perhitungan bobot inersia berdasarkan Persamaan 2.13
4. Baris 16-19 merupakan proses perhitungan koefisien akselerasi berdasarkan Persamaan 2.14
5. Baris 20-32 merupakan proses perhitungan kecepatan partikel berdasarkan Persamaan 2.12

5.1.6 Implementasi *Update* Posisi

Implementasi *update* posisi merupakan proses untuk memperbarui posisi partikel PSO pada setiap iterasinya. Proses ini dilakukan dengan memperbarui posisi untuk semua partikel sampai dengan batas ukuran *swarm*. Implementasi *update* posisi ditunjukkan pada Kode Program 5.6.

```

1 public void update_posisi(int ii) {
2     for (int i = 0; i < particle.length; i++) {
3         for (int j = 0; j < particle[0].length; j++) {
4             particle[i][j] += velocity[ii + 1][i][j];
5         }
6     }
7 }

```

Kode Program 5.6 Implementasi Update Posisi

Penjelasan Kode Program 5.5 tentang implementasi *update* posisi adalah sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan proses inialisasi posisi sebanyak ukuran *swarm*
2. Baris 2-7 merupakan proses menghitung posisi partikel berdasarkan Persamaan 2.17

5.2 Implementasi Antarmuka

Antarmuka sistem terdiri dari halaman data sistem, dimana *user* dapat memberikan input berat badan sapi jantan. Pada halaman ini, *user* akan mendapatkan hasil terakhir dari *system* yaitu *fitness* terbaik dari optimasi serta jumlah pakan yang direkomendasikan oleh *system* dalam ukuran kilogram (kg). Tampilan antarmuka program ditunjukkan dalam Gambar 5.1 berikut:

Parameter PSO					
Iterasi	45	c1i	2.5	c2i	0.5
Partikel	180	c1f	0.5	c2f	2.5
w_max	0.9	Bobot Sapi	1114		
w_min	0.4				

	PROKSIMAT (%)			Harga (Rp)
	BK	TDN	PK	
Hijauan	51.35	52.00	10.02	300
Silase	23.35	53.99	8.64	1500
Konsentrat	89.98	75.68	17.99	6500
Hay	86.96	50.48	8.36	2500

HASIL OPTIMAL		
Hijauan	0	kg
Silase	0	kg
Konsentrat	0	kg
Hay	0	kg
HARGA		

Gambar 5.1 Implementasi Halaman Optimasi

Pada halaman berikutnya merupakan halaman hasil kesimpulan dari sistem. Halaman kesimpulan didapatkan dari hasil output pada optimasi. Pada halaman output akan diberikan informasi komposisi pakan yang akan direkomendasikan dalam mengoptimasi kualitas semen sapi sesuai dengan berat badan sapi jantan yang dimasukkan oleh *user* sebagai data masukan. Tampilan halaman hasil optimasi sistem ditunjukkan dalam Gambar 5.2 berikut:

Optimasi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)

Proses Komputasi

Parameter PSO

Iterasi: 45 c1i: 2.5 c2i: 0.5
Partikel: 180 c1f: 0.5 c2f: 2.5
w_max: 0.9 Bobot Sapi: 1114
w_min: 0.4

PROKSIMAT (%)

	BK	TDN	PK	Harga (Rp)
Hijauan	51.35	52.00	10.02	300
Silase	23.35	53.99	8.64	1500
Konsentrat	89.98	75.68	17.99	6500
Hay	86.96	50.48	8.36	2500

Proses

Hasil Optimasi

2.446353702489823
2.446353702489823
2.446358418340397
2.446358418340397
2.446362248889804
2.446362248889804
2.446362248889804
2.446362248889804
2.446362248889804
2.4463622604055866
2.4463622604055866
2.4463622604055866
2.4463622604055866
2.4463622604055866
2.4463622604055866
2.4463622604055866
2.446362290552387
2.446362290552387

fitness terbesar pada iterasi 44
dengan nilai 2.446362290552387

HASIL OPTIMAL

Hijauan	20,002	kg
Silase	12,001	kg
Konsentrat	2,5	kg
Hay	0,25	kg
HARGA	Rp. 40.877,02	

PROSES

Gambar 5.2 Implementasi Halaman Hasil Kesimpulan



BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian dari sistem optimasi komposisi pakan sapi jantan menggunakan algoritme PSO. Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian parameter PSO, pengujian konvergensi dan pengujian *global*.

6.1 Pengujian Parameter PSO

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter algoritme PSO yang paling optimal dalam menentukan komposisi pakan sapi jantan bangsa. Sapi yang akan dioptimasi bahan pakannya adalah sapi bangsa limousin dengan nama pejantan Audi. Parameter PSO yang diuji coba adalah ukuran *swarm*, jumlah iterasi, kombinasi bobot inersia serta kombinasi koefisien akselerasi. Terdapat beberapa parameter yang bernilai acak. Untuk memperoleh hasil pengujian yang lebih maksimal, maka nilai acak tersebut harus diinisialisasi secara langsung dalam kode program. Parameter yang akan diinisialisasi langsung meliputi nilai r_1 , r_2 , dan k . Untuk nilai r_1 dan r_2 diinisialisasi masing-masing sebesar 0.5 (Wardhany, et al., 2017). Hal ini dilakukan agar nilai *fitness* yang dihasilkan tidak terlalu fluktuatif. Selanjutnya, nilai k diinisialisasi sebesar 0.2, yang merupakan nilai terbaik berdasarkan Chen, et al. (2011). Hal ini dilakukan supaya batas ruang batas pencarian (v_{max}) selalu tetap pada setiap percobaan, sehingga nilai *fitness* yang diperoleh terhindar dari nilai yang fluktuatif.

6.1.1 Pengujian Ukuran *Swarm*

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui parameter ukuran *swarm* yang tepat guna mendapatkan komposisi pakan sapi jantan yang optimal. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung rata-rata nilai *fitness* percobaan pada tiap kategori ukuran *swarm*. Berikut rincian parameter yang digunakan untuk menguji ukuran *swarm*.

- | | |
|---|-------------|
| a. Bobot sapi jantan (kg) | = 1114 |
| b. Nilai <i>random</i> (r_1 & r_2) | = 0.5 & 0.5 |
| c. Nilai k | = 0.2 |
| d. Bobot inersia maksimum (w_{max}) | = 0.9 |
| e. Bobot inersia minimum (w_{min}) | = 0.4 |
| f. Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) | = 2.5 & 0.5 |
| g. Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) | = 0.5 & 2.5 |
| h. Ukuran <i>swarm</i> | = 20 - 200 |
| i. Jumlah iterasi | = 40 |

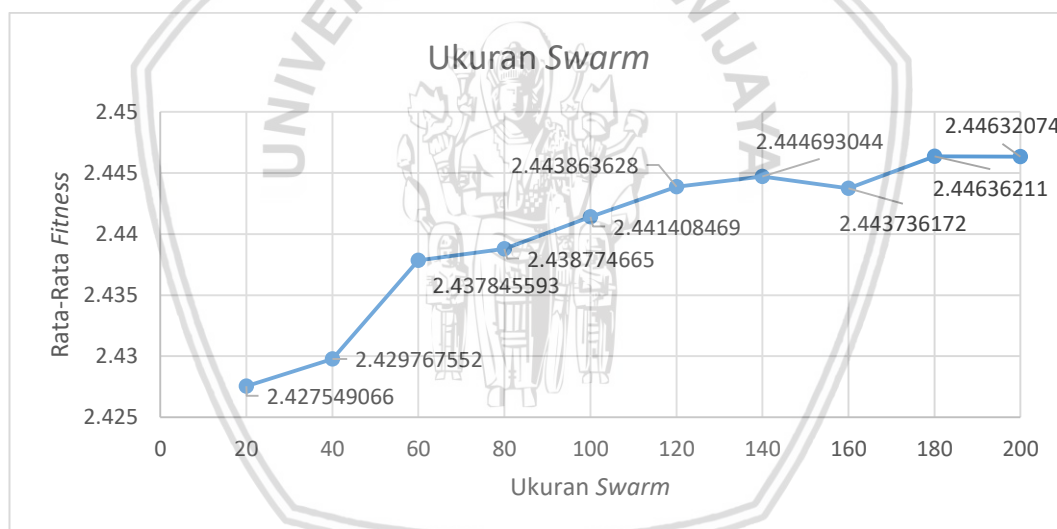
Beberapa parameter yang telah diinisialisasi dalam kode program adalah data pakan dengan jumlah dimensi sebanyak 3. Lalu terdapat minimal dan maksimal posisi partikel (x_{min} dan x_{max}) dengan kriteria sesuai dengan Subbab 4.2.1. Pengujian dilakukan dengan kelipatan 20 sampai dengan 200 dan dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap data uji ukuran *swarm* sesuai dengan perancangan

yang telah dibuat. Hasil pengujian ukuran *swarm* dapat dilihat pada Tabel 6.1 berikut, dan untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Ukuran *Swarm*

Ukuran <i>Swarm</i>	Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata <i>Fitness</i>
	1	2	3	...	10	
20	2.4240043	2.4328564	2.4278735		2.4327245	2.427549066
40	2.4330518	2.4260709	2.4323208		2.4331354	2.429767552
60	2.4379819	2.4463622	2.4411920		2.4206125	2.437845593
80	2.4463612	2.4269177	2.4343650		2.4463621	2.438774665
100	2.4463621	2.4314563	2.4463622		2.4463622	2.441408469
120	2.4463622	2.4463622	2.4463623		2.4463622	2.443863628
140	2.4463622	2.4463617	2.4463623		2.4463622	2.444693044
160	2.4463623	2.4463623	2.4291823		2.4372816	2.443736172
180	2.4463620	2.4463622	2.4463622		2.4463622	2.44636211
200	2.4463622	2.4463604	2.4463622		2.4463622	2.44632074

Grafik hasil pengujian ukuran *swarm* dapat dilihat pada Gambar 6.1. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan ukuran *swarm* terbaik sebanyak 180, dengan rata-rata nilai *fitness* sebesar 2.44636211 (nilai yang diarsir pada Tabel 6.1).



Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian Ukuran *Swarm*

Dari grafik hasil pengujian ukuran *swarm* yang ditunjukkan pada Gambar 6.1, memperlihatkan bahwa semakin besar nilai ukuran *swarm* maka semakin besar juga rata-rata *fitness* yang dihasilkan sehingga nilai solusi yang diperoleh semakin baik. Semakin besar ukuran *swarm* maka optimal yang diperoleh lebih bervariasi (Wardhany, et al., 2017). Bertambahnya jumlah partikel juga memengaruhi ruang pencarian tiap iterasi menjadi semakin luas, hal tersebut mengakibatkan semakin besar peluang untuk memperoleh solusi yang optimal (Engelbrecht, 2007). Pada grafik tersebut juga terdapat ketidakstabilan rata-rata nilai *fitness* yaitu penurunan nilai *fitness* pada ukuran *swarm* sebesar 200. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh waktu komputasi yang semakin lama karena nilai *swarm* yang semakin besar. Sehingga ukuran *swarm* terbaik pada pengujian ini yaitu sebesar

180 dinilai cukup optimal untuk memberikan solusi permasalahan optimasi yang dihadapi.

6.1.2 Pengujian Jumlah Iterasi

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan parameter jumlah iterasi yang tepat guna mendapatkan komposisi pakan sapi jantan yang optimal. Pengujian dilakukan dengan menghitung rata-rata *fitness* percobaan pada tiap data uji jumlah iterasi. Rincian parameter yang digunakan untuk menguji jumlah iterasi adalah sebagai berikut.

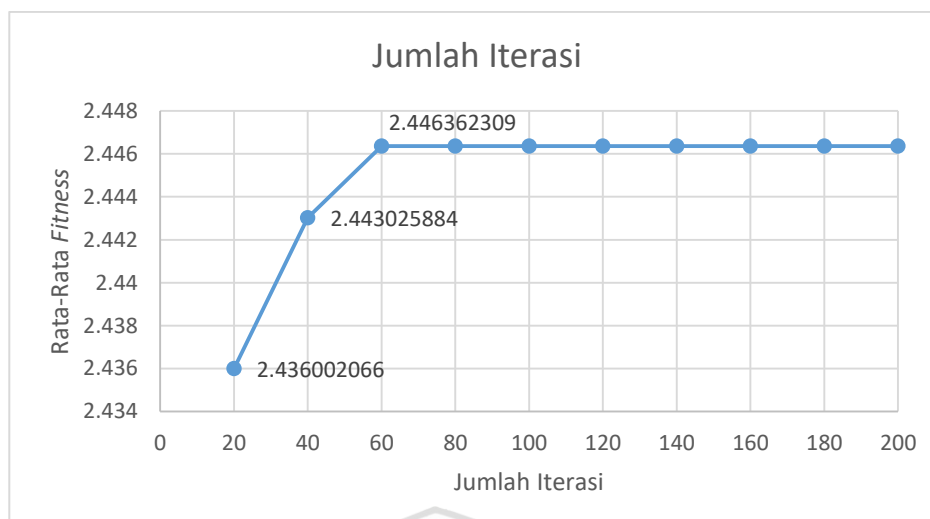
- Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- Nilai *random* (r_1 & r_2) = 0.5 & 0.5
- Nilai k = 0.2
- Bobot inersia maksimum (w_{max}) = 0.9
- Bobot inersia minimum (w_{min}) = 0.4
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = 2.5 & 0.5
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = 0.5 & 2.5
- Ukuran *swarm* = 180
- Jumlah iterasi = 20 - 200

Beberapa parameter yang telah diinisialisasi dalam kode program adalah data pakan dengan jumlah dimensi sebanyak 3. Lalu terdapat minimal dan maksimal posisi partikel (x_{min} dan x_{max}) dengan kriteria sesuai dengan Subbab 4.2.1. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap data uji jumlah iterasi dengan kelipatan 20 sampai dengan 200. Hasil pengujian jumlah partikel ditampilkan pada Tabel 6.2 dan lebih lengkapnya terdapat pada Lampiran 3.

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Jumlah Iterasi

Jumlah Iterasi	Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata Fitness
	1	2	3	10	
20	2.4278102	2.4457774	2.4256016		2.4288745	2.436002066
40	2.4279960	2.4463622	2.4377133		2.4463623	2.443025884
60	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362309
80	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362309
100	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362309
120	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362309
140	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362309
160	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362309
180	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362309
200	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362309

Grafik hasil pengujian jumlah iterasi dapat dilihat pada Gambar 6.2. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan jumlah iterasi terbaik sebanyak 60, dengan rata-rata nilai *fitness* sebesar 2.446362309 (nilai yang diarsir pada Tabel 6.2).



Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Iterasi

Dari grafik hasil pengujian jumlah iterasi yang ditunjukkan pada Gambar 6.2, memperlihatkan bahwa terjadi kenaikan rata-rata *fitness* yang signifikan seiring bertambahnya jumlah iterasi. Hal ini terjadi karena semakin besar jumlah iterasi maka *fitness* yang dihasilkan cenderung lebih besar (Wardhany, et al., 2017). Selain itu jumlah iterasi yang besar lebih baik daripada jumlah iterasi yang lebih kecil (Engelbrecht, 2007). Hal ini disebabkan jumlah iterasi yang kecil sering mengalami konvergensi dini, yaitu solusi yang didapatkan belum tentu optimal. Sedangkan jumlah iterasi yang besar mempunyai peluang memperoleh solusi optimal yang lebih besar juga. Namun penggunaan jumlah iterasi yang besar berdampak pada waktu komputasi yang lebih lama. Pada grafik diatas, *fitness* yang dihasilkan dari iterasi 60 cenderung mempunyai nilai *fitness* yang sama juga dengan iterasi selanjutnya. Hal ini menyimpulkan bahwa penggunaan 60 iterasi pada penelitian ini mempunyai 2 keuntungan yaitu memperoleh nilai solusi optimal dan waktu komputasi yang relatif lebih cepat.

6.1.3 Pengujian Bobot Inersia

Pengujian bobot inersia bertujuan untuk mendapatkan parameter bobot inersia yang tepat sehingga dapat memberikan solusi optimal dalam optimasi komposisi pakan sapi jantan. Pengujian dilakukan dengan menghitung rata-rata *fitness* percobaan dari setiap data uji kombinasi bobot inersia. Berikut parameter yang digunakan untuk pengujian bobot inersia.

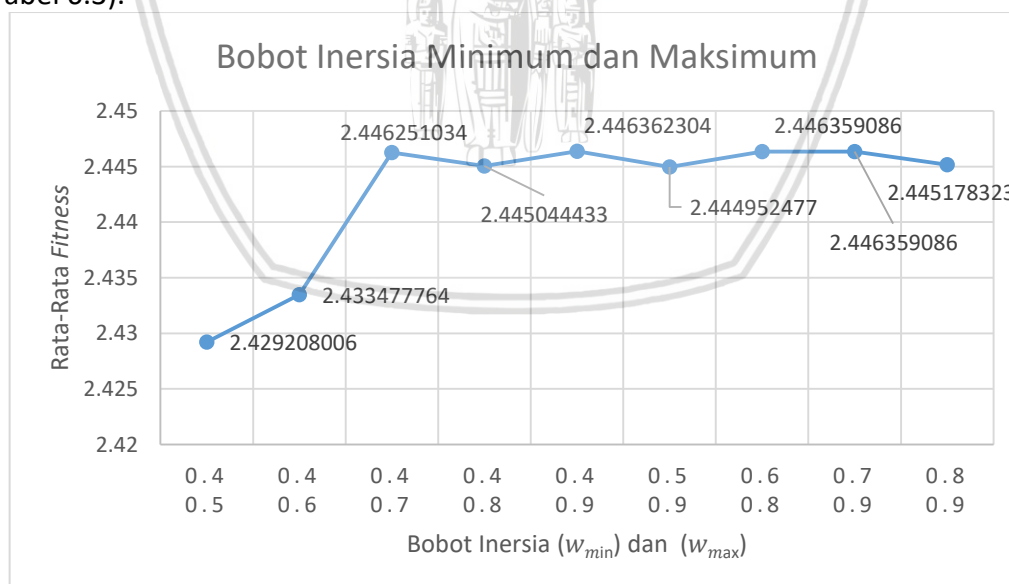
- Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- Nilai *random* (r_1 & r_2) = 0.5 & 0.5
- Nilai k = 0.2
- Bobot inersia maksimum (w_{max}) = 0.4 – 0.9
- Bobot inersia minimum (w_{min}) = 0.4 – 0.9
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = 2.5 & 0.5
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = 0.5 & 2.5
- Ukuran *swarm* = 180
- Jumlah iterasi = 60

Beberapa parameter yang telah diinisialisasi dalam kode program adalah data pakan dengan jumlah dimensi sebanyak 3. Lalu terdapat minimal dan maksimal posisi partikel (x_{min} dan x_{max}) dengan kriteria sesuai dengan Subbab 4.2.1. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap data uji iterasi dengan rentang bobot inersia minimal dan maksimal yaitu 0.4 sampai dengan 0.9 (Wardhany, et al., 2017). Hasil pengujian kombinasi bobot inersia dapat dilihat pada Tabel 6.3 dan lebih lengkap ditampilkan pada Lampiran 3.

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Bobot Inersia

Bobot Inersia		Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata Fitness
w_{min}	w_{max}	1	2	3	10	
0.4	0.5	2.4304422	2.4301958	2.4259587		2.4293293	2.429208006
0.4	0.6	2.4284113	2.4332533	2.4244844		2.4363236	2.433477764
0.4	0.7	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4452495	2.446251034
0.4	0.8	2.4463623	2.4340014	2.4455443		2.4463623	2.445044433
0.4	0.9	2.4463623	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.446362304
0.5	0.9	2.4463622	2.4463623	2.4463623		2.4463623	2.444952477
0.6	0.9	2.4463623	2.4463622	2.4463422		2.4463566	2.446359086
0.7	0.9	2.4463619	2.4325051	2.4463623		2.4463621	2.446359086
0.8	0.9	2.4463613	2.4345503	2.4463604		2.4463621	2.445178323

Grafik hasil pengujian bobot inersia dapat dilihat pada Gambar 6.3. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan kombinasi w_{min} dan w_{max} terbaik adalah 0.4 dan 0.9, dengan rata-rata nilai *fitness* sebesar 2.446362304 (nilai yang diarsir pada Tabel 6.3).



Gambar 6.3 Grafik Hasil Pengujian Bobot Inersia

Dari grafik hasil pengujian bobot inersia yang ditunjukkan pada Gambar 6.3 disimpulkan bahwa kombinasi bobot inersia terbaik yaitu 0.4 dan 0.9. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata *fitness* yang merupakan dari semua kombinasi yang ada. Hal ini ditunjukkan dari selisih w_{max} dan w_{min} pada nilai 0.9 dan 0.4 merupakan

nilai selisih terbesar dari kombinasi bobot inersia pada Tabel 6.4. Jika dihitung menurut Persamaan 2.13, kombinasi tersebut akan menghasilkan nilai bobot inersia terbesar dibandingkan kombinasi bobot inersia lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Engelbrecht (2007), bahwa semakin besar nilai bobot inersia, maka akan meningkatkan daya eksplorasi sehingga keragaman partikel dalam *swarm* juga meningkat.

6.1.4 Pengujian Koefisien Akselerasi

Pengujian koefisien akselerasi dilakukan untuk mendapatkan kombinasi koefisien akselerasi 1 dan 2 yang tepat sehingga dapat memberikan solusi optimal dalam penyelesaian masalah optimasi komposisi pakan sapi jantan. Pengujian dilakukan dengan menghitung rata-rata *fitness* setiap data uji koefisien akselerasi. Parameter yang digunakan dalam pengujian koefisien akselerasi adalah sebagai berikut.

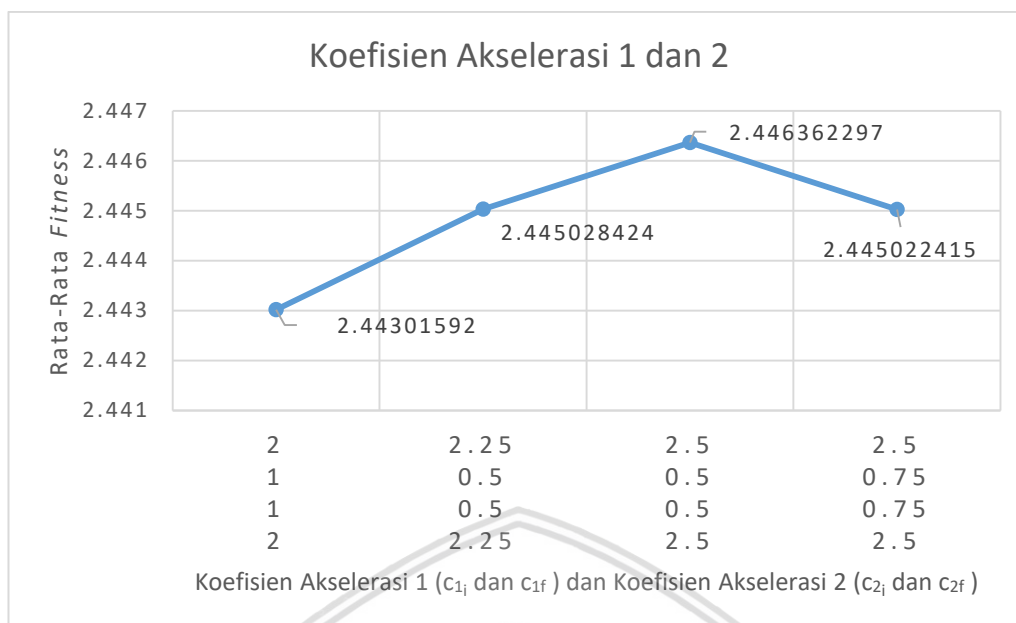
- Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- Nilai *random* (r_1 & r_2) = 0.5 & 0.5
- Nilai k = 0.2
- Bobot inersia maksimum (w_{max}) = 0.9
- Bobot inersia minimum (w_{min}) = 0.4
- Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = 2.5 - 0.5
- Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = 0.5 - 2.5
- Ukuran *swarm* = 180
- Jumlah iterasi = 60

Beberapa parameter yang telah diinisialisasi dalam kode program adalah data pakan dengan jumlah dimensi sebanyak 3. Lalu terdapat minimal dan maksimal posisi partikel (x_{min} dan x_{max}) dengan kriteria sesuai dengan Subbab 4.2.1. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap data uji koefisien akselerasi dengan rentang 2.5 sampai 0.5 untuk c_1 dan 0.5 sampai 2.5 untuk c_2 (Wardhany, et al., 2017). Hasil pengujian koefisien akselerasi dapat dilihat pada Tabel 6.4 dan lebih lengkapnya ditampilkan pada Lampiran 3.

Tabel 6.4 Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi

Koefisien Akselerasi				Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata Fitness
c_1		c_2		1	2	3	...	10	
c_{1i}	c_{1f}	c_{2i}	c_{2f}						
2	1	1	2	2.43296	2.44636	2.44104		2.44636	2.44301592
2.25	0.5	0.5	2.25	2.44636	2.43302	2.44636		2.44636	2.445028424
2.5	0.5	0.5	2.5	2.44636	2.44636	2.44636		2.44636	2.446362297
2.5	0.75	0.75	2.5	2.43296	2.44636	2.44636		2.44636	2.445022415

Grafik hasil pengujian koefisien akselerasi dapat dilihat pada Gambar 6.4. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan kombinasi c_{1i} dan c_{1f} terbaik adalah 2.5 dan 0.5 serta kombinasi c_{2i} dan c_{2f} terbaik adalah 0.5 dan 2.5, dengan rata-rata nilai *fitness* sebesar 2.446362297 (nilai yang diarsir pada Tabel 6.4).



Gambar 6.4 Grafik Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi

Pada grafik hasil pengujian koefisien akselerasi yang ditunjukkan pada Gambar 6.4 didapatkan kombinasi nilai c_{1i} dan c_{1f} sebesar 2.5 dan 0.5, serta kombinasi nilai c_{2i} dan c_{2f} sebesar 0.5 dan 2.5. Jika nilai c_1 dan c_2 dihitung berdasarkan Persamaan 2.14, maka nilai c_1 akan berkurang seiring bertambahnya jumlah iterasi, sedangkan nilai c_2 akan bertambah. Hal ini menyimpulkan bahwa pada awal-awal iterasi partikel cenderung melakukan eksplorasi dan melakukan eksploitasi mendekati iterasi akhir. Proses ini dilakukan dengan mengumpulkan partikel dengan kemungkinan solusi terbaik ke wilayah yang akan memiliki solusi optimal. Dengan demikian peluang untuk memperoleh hasil konvergen dengan solusi terbaik semakin besar. Selain itu, selisih nilai dari c_1 dan c_2 merupakan yang paling besar dari kombinasi yang lain. Hal ini menunjukkan waktu iteratif yang diperlukan untuk memperoleh solusi optimum lebih lama karena proses pencari solusi yang luas. Meskipun demikian, kombinasi koefisien akselerasi tersebut sudah cukup baik diuji dari nilai rata-rata *fitness* yang paling besar. Hal ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya oleh Wardhany, et al. (2017).

6.2 Pengujian Konvergensi

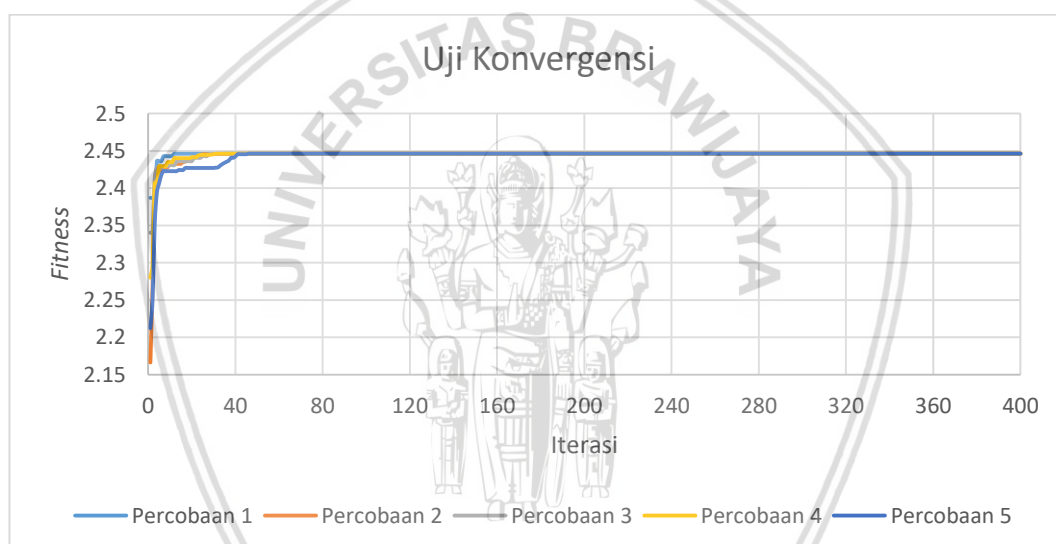
Pada pengujian konvergensi ini, beberapa nilai parameter diinisialisasi secara acak seperti nilai r_1 , dan r_2 . Pengujian ini dilakukan supaya peluang mendapatkan nilai hasil konvergensi semakin besar. Konvergensi dini sebenarnya tidak diinginkan dalam pencarian solusi terbaik optimasi komposisi pakan sapi jantan. Pengujian ini dilakukan untuk pencarian jumlah iterasi terbaik yang telah mencapai konvergen (optimum *global*), dengan menggunakan seluruh nilai parameter terbaik pada pengujian sebelumnya.

Pengujian konvergensi dilakukan sebanyak 5 kali dengan jumlah iterasi maksimal. Sehingga dari pengujian tersebut dapat diketahui pada iterasi berapa

nilai *fitness* akan terus stabil. Parameter awal yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

- | | |
|---|-------------|
| a. Bobot sapi jantan (kg) | = 1114 |
| b. Nilai <i>random</i> (r_1 & r_2) | = 0 - 1 |
| c. Nilai k | = 0.2 |
| d. Bobot inersia maksimum (w_{max}) | = 0.9 |
| e. Bobot inersia minimum (w_{min}) | = 0.4 |
| f. Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) | = 2.5 & 0.5 |
| g. Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) | = 0.5 & 2.5 |
| h. Ukuran <i>swarm</i> | = 180 |
| i. Jumlah iterasi | = 400 |

Beberapa parameter yang telah diinisialisasi dalam kode program adalah data pakan dengan jumlah dimensi sebanyak 3. Lalu terdapat minimal dan maksimal posisi partikel (x_{min} dan x_{max}) dengan kriteria sesuai dengan Subbab 4.2.1.



Gambar 6.5 Hasil Pengujian Konvergensi

Dari grafik hasil pengujian konvergensi pada Gambar 6.5 dapat dilihat bahwa nilai *fitness* setiap percobaan stabil pada iterasi 45 ke atas. Sehingga disimpulkan bahwa nilai *fitness global best* terbaik sebesar 2.44557405322147, nilai ini telah mencapai konvergen pada iterasi 45 hingga seterusnya. Hal ini disebabkan karena keragaman populasi telah menurun ketika mencapai batas iterasi tersebut. Dengan kata lain, jarang sekali ditemukan partikel yang berbeda hingga selisih *fitness global best* pada iterasi tersebut dan seterusnya mencapai nol. Sehingga iterasi 45 merupakan nilai iterasi yang paling ideal bagi PSO dengan menggunakan parameter terbaik yang digunakan.

6.3 Pengujian *Global*

Pengujian global dilakukan menggunakan nilai parameter optimum dari setiap pengujian parameter PSO dan juga pengujian konvergensi. Parameter awal yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- b. Nilai *random* (r_1 & r_2) = 0.5 & 0.5
- c. Nilai k = 0.2
- d. Bobot inersia maksimum (w_{max}) = 0.9
- e. Bobot inersia minimum (w_{min}) = 0.4
- f. Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = 2.5 & 0.5
- g. Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = 0.5 & 2.5
- h. Ukuran *swarm* = 180
- i. Jumlah iterasi = 45

Beberapa parameter yang telah diinisialisasi dalam kode program adalah data pakan dengan jumlah dimensi sebanyak 3. Lalu terdapat minimal dan maksimal posisi partikel (x_{min} dan x_{max}) dengan kriteria sesuai dengan Subbab 4.2.1. Pengujian ini menghasilkan nilai rata-rata *fitness* sebesar 2.446362308. Tabel pengujian *global* terdapat pada Lampiran 3.

6.4 Pengujian Data

Pengujian data dilakukan untuk membandingkan kualitas solusi yang dihasilkan menggunakan algoritme PSO dengan data hasil observasi yang ada di BBIB Singosari, Malang. Pengujian ini dilakukan menggunakan nilai parameter optimum dari setiap pengujian parameter PSO dan juga pengujian konvergensi. Parameter awal yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bobot sapi jantan (kg) = 1114
- b. Nilai *random* (r_1 & r_2) = 0.5 & 0.5
- c. Nilai k = 0.2
- d. Bobot inersia maksimum (w_{max}) = 0.9
- e. Bobot inersia minimum (w_{min}) = 0.4
- f. Koefisien akselerasi 1 (c_{1i} dan c_{1f}) = 2.5 & 0.5
- g. Koefisien akselerasi 2 (c_{2i} dan c_{2f}) = 0.5 & 2.5
- h. Ukuran *swarm* = 180
- i. Jumlah iterasi = 45

Beberapa parameter yang telah diinisialisasi dalam kode program adalah data pakan dengan jumlah dimensi sebanyak 3. Lalu terdapat minimal dan maksimal posisi partikel (x_{min} dan x_{max}) dengan kriteria sesuai dengan Subbab 4.2.1.

Hasil observasi data oleh BBIB Singosari dapat dilihat pada Tabel 6.5 berikut.

Tabel 6.5 Hasil Observasi di BBIB Singosari, Malang

No.	Keadaan Sapi	Bahan Pakan	Harga/kg Bahan Pakan (Rp)	Jumlah Pakan (kg)	Total Harga (Rp)
1	Bangsa : Limousin	Hijauan	300	50	15.000
	Pejantan : Audi	Silase	1.500	4	6.000
	BB : 1114 kg	Konsentrat	6.500	6,5	42.250
	Umur : 11 tahun	Hay	2.500	1	2.500
Jumlah				61,5	65.750

Tabel 6.5 Hasil Observasi di BBIB Singosari, Malang (lanjutan)

2	Bangsa : Limousin	Hijauan	300	40	12.000
	Pejantan : Architech	Silase	1500	4	6000
	BB : 998 kg	Konsentrat	6500	5.5	35750
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	1	2500
Jumlah				50.5	56250
3	Bangsa : Simental	Hijauan	300	40	12000
	Pejantan : Aldwin	Silase	1500	4	6000
	BB : 988 kg	Konsentrat	6500	5.5	35750
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	1	2500
Jumlah				50.5	56250
4	Bangsa : Simental	Hijauan	300	45	13500
	Pejantan : Agent	Silase	1500	4	6000
	BB : 1038 kg	Konsentrat	6500	6	39000
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	1	2500
Jumlah				56	61000
5	Bangsa : Brahman	Hijauan	300	40	12000
	Pejantan : Donggala	Silase	1500	4	6000
	BB : 1012 kg	Konsentrat	6500	5	32500
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	1	2500
Jumlah				50	53000
6	Bangsa : Brahman	Hijauan	300	40	12000
	Pejantan : Sg. Chera	Silase	1500	4	6000
	BB : 1065 kg	Konsentrat	6500	5	32500
	Umur : 8 tahun	Hay	2500	1	2500
Jumlah				50	53000

Selanjutnya peneliti melakukan pengujian menggunakan algoritme PSO dengan kondisi sapi sama seperti Tabel 6.5. Pengujian dilakukan dengan menjalankan sistem menggunakan nilai parameter optimal berdasarkan hasil pengujian parameter PSO. Hasil dari pengujian data menggunakan sistem ditampilkan pada Tabel 6.6 berikut.

Tabel 6.6 Hasil Pengujian dengan Sistem Optimasi Komposisi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan menggunakan PSO

No.	Keadaan Sapi	Bahan Pakan	Harga/kg Bahan Pakan (Rp)	Jumlah Pakan (kg)	Total Harga (Rp)
1	Bangsa : Limousin	Hijauan	300	20.002	6000.505
	Pejantan : Audi	Silase	1500	12.001	18001.515
	BB : 1114 kg	Konsentrat	6500	2.5	16250
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	0.25	625
Jumlah				34.753	40877.020
2	Bangsa : Limousin	Hijauan	300	17.523	5256.931
	Pejantan : Architech	Silase	1500	10.514	15770.793
	BB : 998 kg	Konsentrat	6500	2.5	16250
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	0.25	625
Jumlah				30.787	37902.723

Tabel 6.6 Hasil Pengujian dengan Sistem Optimasi Komposisi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan menggunakan PSO (lanjutan)

3	Bangsa : Simental	Hijauan	300	17.523	5256.931
	Pejantan : Aldwin	Silase	1500	10.514	15770.793
	BB : 988 kg	Konsentrat	6500	2.5	16250
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	0.25	625
Jumlah				30.787	37902.723
4	Bangsa : Simental	Hijauan	300	18.365	5509.379
	Pejantan : Agent	Silase	1500	11.019	16528.137
	BB : 1038 kg	Konsentrat	6500	2.5	16250
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	0.25	625
Jumlah				32.133	38912.515
5	Bangsa : Brahman	Hijauan	300	18.365	5509.379
	Pejantan : Donggala	Silase	1500	11.019	16528.137
	BB : 1012 kg	Konsentrat	6500	2.5	16250
	Umur : 11 tahun	Hay	2500	0.25	625
Jumlah				32.133	38912.515
6	Bangsa : Brahman	Hijauan	300	19.191	5757.237
	Pejantan : Sg. Chera	Silase	1500	11.514	17271.711
	BB : 1065 kg	Konsentrat	6500	2.5	16250
	Umur : 8 tahun	Hay	2500	0.25	625
Jumlah				33.455	39903.947

Perbandingan total harga pakan data hasil observasi dengan hasil menggunakan sistem disajikan dalam Tabel 6.7 berikut.

Tabel 6.7 Hasil Pengujian Data

No.	Total Harga Pakan (Rp)		Hasil Pengurangan Harga Pakan (Rp)
	Data Hasil Observasi	PSO	
1	65750	40877.020	24872.98
2	56250	37902.723	18347.277
3	56250	37902.723	18347.277
4	61000	38912.515	22087.485
5	53000	38912.515	14087.485
6	53000	39903.947	13096.053
Rata-rata (Rp)			18473.093

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 6.7, sistem ini BBIB dapat menghemat biaya pengeluaran pakan sebesar Rp. 18.473,093 pada setiap pemberian pakan. Sistem optimasi berbasis algoritme PSO dapat menghasilkan 32,104% lebih murah daripada cara konvensional yang dilakukan di BBIB Singosari, Malang. Hasil tersebut didapat dari perbandingan selisih rata-rata hasil pengurangan harga pakan dengan rata-rata total harga dari data hasil observasi. Berikut ini perhitungan persentase penghematan dana pakan sapi jantan:

$$\begin{aligned}
 \text{Penghematan Dana} &= 18.473,093 : ((65.750 + 56.250 + 56.250 + 61.000 + 53.000 + 53.000)/6) \\
 &= 18.473,093 : 57.541,667 \\
 &= 32,104\%
 \end{aligned}$$

6.5 Pembahasan Hasil Pengujian

Dari proses pengujian parameter PSO yang dilakukan, diperoleh nilai optimum pada tiap parameter yang diuji. Pengujian parameter PSO meliputi pengujian ukuran *swarm* yang menghasilkan nilai optimum 160, kemudian pengujian jumlah iterasi yang memperoleh hasil optimum 45, dan pengujian bobot inersia dengan hasil optimum w_{min} sebesar 0.4 dan w_{max} sebesar 0.5, serta pengujian koefisien akselerasi dengan hasil optimum c_{1i} dan c_{1f} masing-masing sebesar 2.5 dan 0.5, serta hasil optimum c_{2i} dan c_{2f} masing-masing sebesar 0.5 dan 2.5. Dengan menjalankan sistem menggunakan nilai parameter optimal didapatkan nilai *fitness* tertinggi sebesar 2,446362308.

Berdasarkan hasil pengujian data, sistem optimasi berbasis algoritme PSO dapat menghasilkan komposisi pakan yang lebih murah daripada cara konvensional. Dari pengujian tersebut, sistem dapat menghasilkan komposisi pakan 32,104% lebih murah dibandingkan cara konvensional. Dengan sistem ini, BBIB dapat memperoleh rekomendasi pakan yang telah memenuhi kebutuhan nutrisi sapi, namun dengan biaya yang lebih hemat sebesar Rp. 18.473,093 pada setiap pemberian pakan.

Solusi yang diharapkan dari sistem ini adalah komposisi bahan pakan yang optimal, yaitu komposisi pakan yang memenuhi kebutuhan sapi dan memiliki total harga pakan yang seminimal mungkin. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, sistem optimasi PSO dianggap mampu untuk memberikan rekomendasi komposisi pakan optimal. Meskipun dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini menghasilkan komposisi pakan yang lebih murah daripada cara konvensional, namun hasil keluaran dari sistem belum diujikan secara langsung terhadap sapi jantan.

BAB 7 PENUTUP

Pada bab penutup ini akan menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian ini serta saran yang diberikan peneliti untuk peneliti selanjutnya jika ingin melanjutkan penelitian dengan *object* dan metode yang sama.

7.1 Kesimpulan

1. Algoritme PSO dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi pakan bibit unggul sapi jantan dengan membangun populasi awal. Kemudian perhitungan *fitness* setiap partikel untuk mengukur kualitas solusi. Kemudian perhitungan *fitness* global best pada iterasi awal. Setelah itu melakukan *update* kecepatan dan menentukan batas kecepatan. Kemudian melakukan *update* posisi partikel dengan menjumlahkan kecepatan dan posisi partikel sebelumnya. Langkah selanjutnya melakukan perhitungan personal best dan global best. Langkah-langkah tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai yang paling mendekati nilai solusi optimum. Solusi yang ingin dicapai adalah rekomendasi komposisi pakan sapi jantan yang mencukupi kebutuhan nutrisi dan mempunyai harga yang paling minimum.
2. Pengujian parameter PSO bertujuan untuk menentukan nilai parameter yang tepat agar komposisi pakan sapi jantan yang didapatkan merupakan rekomendasi yang paling optimal. Berdasarkan hasil pengujian, parameter jumlah ukuran *swarm* adalah 180, jumlah iterasi sebesar 45, bobot inersia berupa w_{min} sebesar 0.4 dan w_{max} sebesar 0.5, dan koefisien akselerasi c_{1i} dan c_{1f} masing-masing sebesar 2.5 dan 0.5 serta nilai c_{2i} dan c_{2f} masing-masing sebesar 0.5 dan 2.5.
3. Untuk mengetahui kualitas solusi yang dihasilkan oleh algoritme PSO maka dilakukan pengujian data yang membandingkan komposisi pakan yang ada di BBIB dengan komposisi pakan yang direkomendasikan oleh sistem. Hasil rekomendasi ini berdasarkan bobot badan sapi. Kemudian komposisi bahan pakan dari BBIB dan hasil rekomendasi ini dibandingkan berdasarkan harga total bahan pakan yang diberikan dalam satu kali pemberian. Dari pengujian tersebut didapatkan bahwa hasil rekomendasi bahan pakan oleh sistem lebih murah dibandingkan dengan BBIB yaitu mempunyai harga Rp. 39.068,574 oleh sistem dan Rp. 57.541,667 oleh BBIB. Harga yang dihasilkan oleh sistem lebih hemat Rp. 18.473,093 daripada yang ada di BBIB. Hasil rekomendasi pakan sapi jantan dari sistem terbukti mampu menghemat dana sebanyak 32,104%.

7.2 Saran

1. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data pakan sapi pada tahun 2017. Bahan pakan yang diberikan tahun 2017 berupa konsentrat, silase, hijauan dan pakan lainnya. Sedangkan data tahun berikutnya hanya menggunakan 1 bahan pakan yaitu Total Mix Ration (TMR) yang merupakan hasil dari pencampuran beberapa bahan pakan yang memiliki perhitungan nilai

nutrisi yang berbeda dengan tahun 2017. Sehingga peneliti lain dapat melakukan optimasi nilai nutrisi pakan dengan algoritme lain.

2. Menambahkan jenis bahan pakan yang kontinyu ketersediaannya sehingga pemodelan komposisi bahan pakan dapat diterapkan sepanjang tahun.



DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari, 2017. *Statistik Produksi Semen*. [Online]
Available at: http://bbibsingosari.ditjenpkh.pertanian.go.id/index.php/statistik/prod_semen
[Diakses 26 02 2018].
- Bernadifta, E. Y., Cholissodin, I. & Nurwarsito, H., 2016. Optimasi Pemberian Pupuk Pestisida Secara Berkala Pada Tanaman Padi Dengan Parallel Time Variant Particle Swarm Optimization (PTVPSO). *DORO : Repositori Jurnal Mahasiswa PTIIK UB*, 7(35).
- Bestari, J. et al., 2002. *Pengaruh Pemberian Pakan Metode Flushing Terhadap Produktivitas Induk Sapi Peranakan Droughmaster dan Hereford Di Dataran Medium*. Bogor: Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.
- Caesar, C. A., Cholissodin, I. & Fauzi, M. A., 2016. Pemodelan Komposisi Pakan Kambing Peranakan Etawa (PE) untuk Optimasi Kandungan Gizi Susu Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dan Particle Swarm Optimization (PSO). *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, 8(9).
- Chen, H.-L. et al., 2011. A novel bankruptcy prediction model based on an adaptive fuzzy k-nearest neighbor method. *Knowledge-Based Systems*, Volume 24, pp. 1348-1359.
- Eliantara, F., Cholissodin, I. & Indriati, 2016. Optimasi Pemenuhan Kebutuhan Gizi Keluarga Menggunakan Particle Swarm Optimization. *DORO : Repositori Jurnal Mahasiswa PTIIK UB*, 8(26).
- Engelbrecht, A. P., 2007. *Computational Intelligence : An Introduction*. 2nd penyunt. s.l.:John Wiley & Sons, Ltd.
- Erlita, Y., 2017. *Teknologi Hay Pengolahan Pakan Ternak*. [Online]
Available at: <http://www.sumbarprov.go.id/details/news/12340>
[Diakses 03 03 2018].
- Ismaya, 2014. *Bioteknologi Inseminasi Buatan Pada Sapi dan Kerbau*. ISBN 979-420-848-5 penyunt. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Jiang, H., Liu, J., Cheng, H.-W. & Zhang, Y., 2017. Particle Swarm Optimization Based Space Debris Surveillance Network Scheduling. *Particle Swarm Optimization Based Space Debris Surveillance Network Scheduling*, 17(3).
- Kennedy, J. & Eberhart, R., 1995. Particle Swarm Optimization. *IEEE*, pp. 1942-1948.
- Khaqqo, A., Cholissodin, I. & Widodo, A. W., 2016. Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO). *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK UB*, 8(2).

Khokhar, B., Parmar, K. P. S. & Dahiya, S., 2012. An Efficient Particle Swarm Optimization with Time Varying Acceleration Coefficients to Solve Economic Dispatch Problem with Valve Point Loading. *Energy and Power*, 2(4), pp. 74-80.

Krisna, B., 2017. *Kualitas dan Patabilitas Silase Daun Karet (Hevea brassiliensis) Pada Ternak Kambing Peranakan Etawa*. Jambi: Universitas Jambi.

Melita, D., D. & Adam, M., 2014. Pengaruh Umur Pejantan dan Frekuensi Ejakulasi Terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Aceh. *Jurnal Medika Veterinaria*, 8(1), pp. 15-19.

Permadi, D. S., Tagama, T. R. & Yuwono, P., 2013. Produksi Semen Segar dan Semen Beku Sapi Pejantan dengan Body Condition Score (BCS) yang Berbeda di Balai Inseminasi Buatan Lembang. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(3), pp. 759-767.

Rahmawati, M. A., Susilawati, T. & Ihsan, M. N., 2015. Kualitas semen dan produksi semen beku pada bangsa sapi dan bulan penampungan yang berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 25 (3): 25 - 36, 25(3), pp. 25-36.

Samsudewa, D. & Suryawijaya, A., 2008. *Pengaruh Berbagai Metode Thawing Terhadap Kualitas Semen Beku Sapi*. Semarang, Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.

Saraswati, R. P., Mahmudy, W. F. & Dewi, C., 2016. Optimasi Pakan Ikan Patin Menggunakan Algoritma Genetika. *Repositori Jurnal Mahasiswa PTIIK UB*, 8(15).

Taufiq, M. N., Dewi, C. & Mahmudy, W. F., 2017. Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Improved Particle Swarm Optimization (IPSO). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(7), pp. 571-582.

Umiyasih, U. & Anggraeny, Y. N., 2007. Petunjuk Teknis Ransum Seimbang, Strategi Pakan Pada Sapi Potong. Dalam: A. Mulyadi & Marsandi, penyunt. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, pp. 10-12.

Wahyu, J., 2008. *Manajemen Mutu Semen Beku Sapi Di Balai Inseminasi Buatan (BIB) Lembang Bandung (Semen Beku Sapi Ongole dan Frisian Holstein)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Wahyuningsih, A., Saleh, D. M. & Sugiyatno, 2013. Pengaruh Umur Pejantan dan Frekuensi Penampungan Terhadap Volume dan Motilitas Semen Sapi Segar Simmental di Balai Inseminasi Buatan Lembang. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(3), pp. 947-953.

Wardhany, B. A. K., Cholissodin, I. & Santoso, E., 2017. Penentuan Komposisi Pakan Ternak Untuk Memenuhi Kebutuhan Nutrisi Ayam Petelur Dengan Biaya Minimum Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(12), pp. 1642-1651.

Widjaja, N., Akhdia, T. & Purwasih, D., 2017. Pengaruh Deposisi Semen Terhadap Keberhasilan Inseminasi Buatan (IB) Sapi Peranakan Ongole. *Sains Peternakan*, 15(2), pp. 49-51.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Wawancara Pakar

27 Desember 2017

1. Apa saja jenis sapi jantan yang ada di BBIB Singosari-Malang?
Jawab: Sapi Limousin, Simental, FH, Brahman, Ongole, Angus, Brahmus, Wagin, Bali, Madura, Galekan, PO, dll.
Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.
2. Apa saja jenis pakan yang diberikan pada sapi jantan?
Jawab: Rumput gajah, silase, konsentrat, mineral, hay.
Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.
3. Berapa kilogram pemberian pakan untuk setiap sapi dalam satu harinya?
Jawab: 34 kg untuk sapi import (Limousin, Simental, dll) dan 26 kg untuk sapi lokal (Bali, Madura, Galekan, PO, Ongole).
Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.
4. Selain pakan rumput gajah, silase, konsentrat, mineral dan hay, adakah jenis pakan lainnya yang diberikan pada sapi?
Jawab: Tidak ada.
Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.
5. Pernahkah pihak BBIB Singosari-Malang memberikan komposisi pakan yang berbeda-beda setiap bulannya?
Jawab: Pernah, karena perbedaan musim dan sakit.
Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.
6. Pada pemberian pakan tahun 2018 BBIB memberlakukan pemberian pakan TMR kepada sapi jantan, apakah komposisi dari pakan TMR tersebut?
Jawab: TMR (Total Mix Ration) adalah campuran pakan berupa 3 jenis yaitu rumput, legum dan konsentrat.
Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.
7. Adakah uji kualitas semen sapi jantan di BBIB Singosari-Malang?
Jawab: Ada
Narasumber: Indra Adie Setyawan, S.Pt.
8. Apa saja faktor yang mempengaruhi kualitas semen sapi jantan?
Jawab: Faktor genetik dan faktor lingkungan seperti pakan, manajemen perawatan (umur, bobot badan, tingkat stres), kesehatan, suhu, dll.
Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.

24 Februari 2018

1. Kenapa pakan yang diberikan pada sapi jantan menjadi faktor yang penting dalam memengaruhi kualitas semen?

Jawab: Produksi dipengaruhi oleh genetik dan lingkungan, pengaruh lingkungan porsinya lebih tinggi dibandingkan genetik. Salah satu faktor yang paling berpengaruh adalah pakan yaitu untuk hidup pokok (keberlangsungan hidup), produksi dan reproduksi.

Urutannya itu jika hidup pokok terpenuhi, baru ternak dapat memproduksi jika produksi terpenuhi ternak dapat bereproduksi.

Contoh: sapi kalau diberi 20 kg pakan hanya untuk kebutuhan hidup pokok saja, tetapi badannya kurus. Kalau ditambah menjadi 25 kg badannya sudah kelihatan ideal dan kalau ditambah menjadi 28 kg selain hidup dan produksi, reproduksinya juga berkembang. Artinya sapi bisa berkembang biak dengan baik dan juga alat reproduksinya baik.

Kaitannya pakan dalam sperma, ketika pakan kurang bisa jadi sperma yang dihasilkan itu ada, tetapi daya hidupnya si sperma menurun (salah satu kualitas) dan volumenya juga menurun (kuantitas). Makanya manajemen pakan sangat penting dilakukan agar produksi sperma bagus. Hal itu salah satu yang menyebabkan mengapa pakan sangat penting selain kesehatan, perawatan, lokasi, suhu, cuaca, dll.

Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.

2. Sebutkan kendala dalam proses pemberian pakan sapi jantan (4 masalah)!

Jawab: kendala dalam proses pemberian pakan sapi yaitu keberlangsungan pakan yang bergantung pada musim, pergantian pakan karena keterbatasan hijauan yang dipengaruhi musim, nutrisi pakan yang berbeda, hasil uji nutrisi yang lama menjadikan penentuan kebijakan pemberian pakan yang lama.

Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.

3. Adakah data jumlah semen sapi kualitas baik yang diproduksi tiap tahun (minimal 3 tahun)?

Jawab: Tentunya ada, recording sangatlah penting, apalagi dalam hal penentuan kebijakan.

Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.

22 Maret 2018

1. Jenis pakan sapi jantan di BBIB ada 4 jenis yaitu hijauan, silase, konsentrat dan hay. Berdasarkan data itu didapat data komposisi pakan (sapi Aldwin 11 tahun 1002 kg) hijauan 40 kg, silase 4 kg, konsentrat 5,5 kg dan hay 1 kg. Adakah batas bawah dan batas atas banyaknya bahan pakan yang diberikan pada sapi?

Jawab : Kalau hijauan rumput dan hay ga ada batas atas dan bawah, kalau konsentrat batas atasnya 1% dari bobot sapi dan silase 60% dari hijauan.

Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.

2. Berdasarkan apakah penentuan batas bawah dan atas bobot pakan yang diberikan pada sapi?

Jawab: Berdasarkan bobot badan, produksi, kesehatan, sisa pakan, dll. Penentuan pemberian bisa coba-coba namun harus melihat batasan-batasannya.

Narasumber: Bapak Yudhi Mahendra, A.Md.



Lampiran 2 Data Pemberian Pakan Bulan Februari 2017

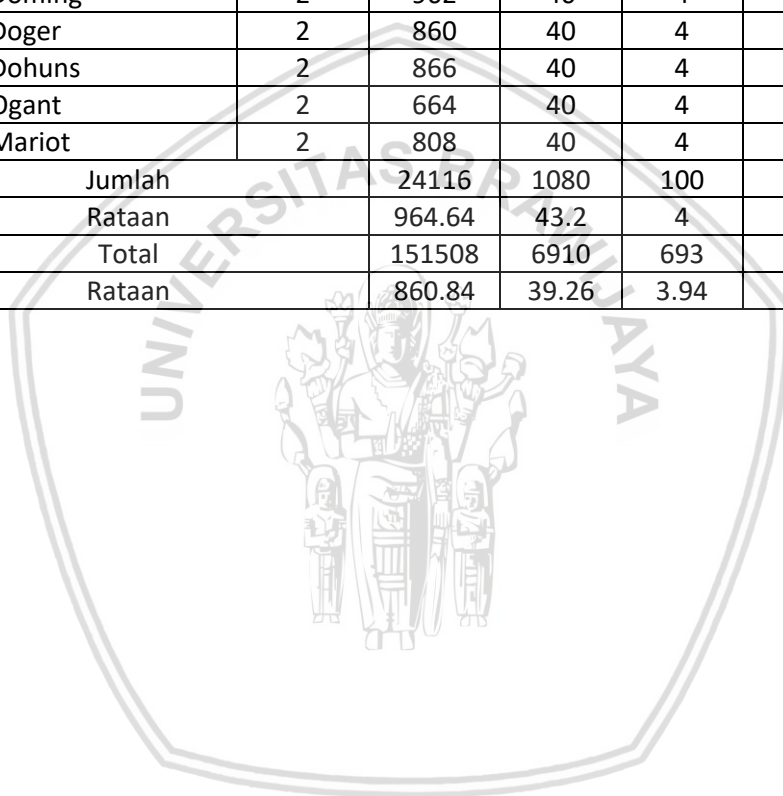
No	Nama Pejantan	Umur (th)	BB (kg)	Pemberian Pakan (kg)			
				Hijauan	Silase	Konsentrat	Hay
1	2	3	4	5	6	7	8
BRAHMAN							
1	Donggala	11	1012	40	4	5	1
2	Bravo	10	1010	40	4	5	1
3	Eljepe	8	892	35	4	4.5	0.5
4	Argopuro	8	826	35	4	4.5	0.5
5	Anjasmoro	8	878	35	4	4.5	0.5
6	Sg. Chera	8	1065	40	4	5	1
7	Sg. Fresh	8	1036	40	4	5	1
8	Gamalama	8	790	35	4	4.5	0.5
9	Bizyard	3	774	35	4	4.5	0.5
10	Bima	5	836	35	4	4.5	0.5
11	Parikesit	4	852	35	4	4.5	0.5
12	Sutasoma	4	836	35	4	4.5	0.5
13	Kenago	2	646	35	4	4.5	0.5
14	Cipta	1	434	25	3	4	0.5
15	Kenmarkus	1	473	25	3	4	0.5
Jumlah			12360	525	58	68.5	9.5
Rataan			824	35	3.87	4.57	0.63
ONGOLE							
1	Tunggul	14	768	40	4	5	1
2	Krista	12	854	40	4	5	1
3	Rangga	9	860	40	4	5	1
4	Welly	8	780	35	4	4.5	0.5
5	Bromo	2	638	35	4	4.5	0.5
6	Raung	3	778	35	4	4.5	0.5
7	Wendo	2	576	35	4	4.5	0.5
8	Alindo	2	556	35	4	4.5	0.5
9	Delta	1	300	25	3	4	0.5
10	Ojit	2	436	25	3	4	0.5
11	Ongen	2	473	25	3	4	0.5
12	Jasonta	2	488	25	3	4	0.5
Jumlah			7507	395	44	53.5	7.5
Rataan			625.58	32.92	3.67	4.46	0.63
ANGUS							
1	Treehars	7	898	50	4	6.5	1
2	Sg. Egoma	8	1088	50	4	6.5	1
3	Sg. Ekley	8	1022	50	4	6.5	1
4	Sg. Emisa	8	1090	50	4	6.5	1
5	Sg. Eable	8	1147	50	4	6.5	1
6	Sg. Cyple	6	962	50	4	6.5	1
7	Sg. Rain	6	1030	50	4	6.5	1
Jumlah			7237	350	28	45.5	7
Rataan			1033.86	50	4	6.5	1

BRANGUS							
1	Brano	4	738	35	4	5.5	0.5
Jumlah			738	35	4	5.5	0.5
Rataan			738	35	4	5.5	0.5
BANTENG CROSS							
1	Balur	3	655	35	4	4	0.5
Jumlah			655	35	4	4	0.5
Rataan			655	35	4	4	0.5
BALI							
1	Gandiva	12	618	35	4	4	0.5
2	Darma	12	650	35	4	4	0.5
3	Marga	11	570	30	4	3.5	0.5
4	Negara	11	690	35	4	4	0.5
5	Penida	11	532	30	4	3.5	0.5
6	Benoa	11	612	30	4	3.5	0.5
7	Junbara	11	743	35	4	4	0.5
8	Melaya	6	598	30	4	3.5	0.5
9	Bratan	6	623	30	4	3.5	0.5
10	Bujan	6	689	35	4	4	0.5
11	Kusamba	6	716	35	4	4	0.5
12	Sindu	6	624	35	4	4	0.5
13	Sapta	4	700	35	4	4	0.5
14	Tanjung	4	561	30	4	3.5	0.5
15	Batur	4	642	35	4	4	0.5
16	Penebel	4	643	35	4	4	0.5
17	Grogak	4	587	30	4	3.5	0.5
18	Bedugul	4	660	35	4	4	0.5
19	Pandawa	6	534	30	4	3.5	0.5
20	Lovina	6	510	30	4	3.5	0.5
21	Bangli	5	571	30	4	3.5	0.5
22	Sanur	5	435	30	4	3.5	0.5
23	Renon	5	590	30	4	3.5	0.5
24	Puputan	5	500	30	4	3.5	0.5
25	Ubud	5	587	30	4	3.5	0.5
26	Kitani	6	566	30	4	3.5	0.5
27	Wega	6	518	30	4	3.5	0.5
28	Kael	6	552	30	4	3.5	0.5
29	Buleng	3	489	30	4	3.5	0.5
30	Taksha	5	459	30	4	3.5	0.5
Jumlah			17769	955	120	110.5	15
Rataan			592.3	31.83	4	3.68	0.5
MADURA							
1	Adikara	9	650	35	4	4	0.5
2	Sumekar	8	660	35	4	4	0.5
3	Pajudan	8	610	35	4	4	0.5
4	Jengka	8	638	35	4	4	0.5
5	Kanwa	8	530	30	4	3.5	0.5
6	Lombang	6	594	30	4	3.5	0.5

7	Siring	6	504	30	4	3.5	0.5
8	Pascan	6	582	30	4	3.5	0.5
Jumlah			4768	260	32	30	4
Rataan			596	32.5	4	3.75	0.5
LIMOUSIN							
1	Minang	14	830	40	4	5.5	1
2	Audi	11	1114	50	4	6.5	1
3	Asset	11	1068	45	4	6	1
4	Mark	10	850	40	4	5.5	1
5	Architech	11	998	40	4	5.5	1
6	Arion	11	824	40	4	5.5	1
7	Willis	11	1003	40	4	5.5	1
8	Zulhar	11	978	40	4	5.5	1
9	Yobo	9	1114	50	4	6.5	1
10	Kathandra	8	932	40	4	5.5	1
11	Uchita	8	1048	45	4	6	1
12	Caillin	8	1039	40	4	5.5	1
13	Ushani	8	1028	40	4	5.5	1
14	Cavalier	8	956	40	4	5.5	1
15	Ionesco	8	940	40	4	5.5	1
16	Crusader	8	1004	40	4	5.5	1
17	Tandara	8	972	40	4	5.5	1
18	Cossack	8	1064	45	4	6	1
19	Calypso	8	1023	40	4	5.5	1
20	Centenial	8	1140	50	4	6.5	1
21	Churchill	8	1096	50	4	6.5	1
22	Candyman	9	926	40	4	5.5	1
23	Foundation	8	1190	50	4	6.5	1
24	Double D	8	1006	40	4	5.5	1
25	Diesel	8	1023	40	4	5.5	1
26	Dakota	8	1048	45	4	6	1
27	Danish	8	1070	45	4	6	1
28	Dynamica	8	1074	45	4	6	1
29	Bortoli	8	978	40	4	5.5	1
30	Zephir	8	1066	45	4	6	1
31	Willow	8	1023	45	4	6	1
32	Dijon	8	984	40	4	5.5	1
33	Drift	8	938	40	4	5.5	1
34	Dodi	8	1062	45	4	6	1
35	Zolander	8	966	40	4	5.5	1
36	Despot	8	1056	45	4	6	1
37	Metrius	8	1022	45	4	6	1
38	Raystine	8	1034	45	4	6	1
39	Union	8	1038	45	4	6	1
40	Daren	8	996	40	4	5.5	1
41	Darwin	8	1016	40	4	5.5	1
42	Diego	8	966	40	4	5.5	1
43	Tunder	4	882	40	4	5.5	1

44	Monty	4	934	40	4	5.5	1
45	Talamau	2	454	25	3	4	0.5
46	CP	2	475	25	3	4	0.5
Jumlah			45248	1925	182	261.5	45
Rataan			983.65	41.85	3.96	5.68	0.98
SIMENTAL							
1	Alvito	11	900	40	4	5.5	1
2	Aldwin	11	988	40	4	5.5	1
3	Mick	11	1070	45	4	6	1
4	Agent	11	1038	45	4	6	1
5	Riley	11	1064	45	4	6	1
6	Brent	11	1140	50	4	6.5	1
7	Chicago	9	1110	50	4	6.5	1
8	Chedes	8	967	40	4	5.5	1
9	Fullfill	8	993	40	4	5.5	1
10	Demetri	8	1124	50	4	6.5	1
11	Kareni	8	1106	50	4	6.5	1
12	Delegate	8	988	40	4	5.5	1
13	Dictator	8	1066	45	4	6	1
14	Vintage	8	1064	45	4	6	1
15	Atlantis	8	1143	50	4	6.5	1
16	Eandon	8	1076	45	4	6	1
17	Drover	8	1030	40	4	5.5	1
18	Dare	8	1021	40	4	5.5	1
19	Maverik	8	1116	50	4	6.5	1
20	Bluddy	8	1122	50	4	6.5	1
21	Minator	8	1208	50	4	6.5	1
22	Omega	8	1084	50	4	6.5	1
23	Sg. Evan	8	960	40	4	5.5	1
24	Sg. Allee	8	1054	45	4	6	1
25	Sg. Yaray	8	1102	50	4	6.5	1
26	Sg. Excel	7	1112	50	4	6.5	1
27	Louis	4	1028	45	4	5.5	1
28	Aussie	3	1017	45	4	5.5	1
29	Ngatas	2	463	25	3	4	0.5
30	Uber	2	482	25	3	4	0.5
31	Bernad	2	474	25	3	4	0.5
Jumlah			31110	1350	121	180.5	29.5
Rataan			1003.55	43.55	3.90	5.82	0.95
F.H.							
1	Formery	10	861	40	4	5.5	1
2	Hostromsy	10	906	40	4	5.5	1
3	Sg. Bayu	9	1042	45	4	5.5	1
4	Sg. Felist	9	1052	45	4	5.5	1
5	Sg. Yecha	9	974	40	4	5.5	1
6	Sg. Dien	9	1086	50	4	6.5	1
7	Sg. Casir	6	1122	50	4	6.5	1
8	Sg. Pland	6	1110	50	4	6.5	1

9	Sg. Bolton	6	955	50	4	6.5	1
10	Sg. Dunde	6	968	40	4	5.5	1
11	Sg. Gabe	6	982	40	4	5.5	1
12	Sg. Anset	6	1102	50	4	6.5	1
13	Sg. Black	6	908	40	4	5.5	1
14	Sg. Dean	6	1132	50	4	6.5	1
15	Sg. Heroe	6	1062	45	4	5.5	1
16	Sg. Harry	6	1036	45	4	5.5	1
17	Glens	2	968	40	4	5.5	1
18	Shoty	2	876	40	4	5.5	1
19	Rollek	2	870	40	4	5.5	1
20	Platro	2	944	40	4	5.5	1
21	Doming	2	962	40	4	5.5	1
22	Doger	2	860	40	4	5.5	1
23	Dohuns	2	866	40	4	5.5	1
24	Ogant	2	664	40	4	5.5	1
25	Mariot	2	808	40	4	5.5	1
Jumlah			24116	1080	100	143.5	25
Rataan			964.64	43.2	4	5.74	1
Total			151508	6910	693	903	143.5
Rataan			860.84	39.26	3.94	5.13	0.82



Lampiran 3 Hasil Pengujian Parameter PSO

1. Hasil Pengujian Ukuran Swarm

Ukuran Swarm	Fitness Percobaan Ke-										Rata-rata Fitness
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	2.4240043	2.4328564	2.4278735	2.4209505	2.4232068	2.4320327	2.4338254	2.4312268	2.4167893	2.4327245	2.427549066
40	2.4330518	2.4260709	2.4323208	2.4211894	2.4355404	2.4236842	2.4247913	2.4369696	2.4309213	2.4331354	2.429767552
60	2.4379819	2.4463622	2.4411920	2.4151704	2.4349356	2.4463623	2.4444361	2.4454778	2.4459245	2.4206125	2.437845593
80	2.4463612	2.4269177	2.4343650	2.4329912	2.4463623	2.4218993	2.4397635	2.4463618	2.4463623	2.4463621	2.438774665
100	2.4463621	2.4314563	2.4463622	2.4344266	2.4463619	2.4463623	2.4463622	2.4463566	2.4236718	2.4463622	2.441408469
120	2.4463622	2.4463622	2.4463623	2.4461752	2.4399658	2.4458121	2.4463623	2.4285100	2.4463615	2.4463622	2.443863628
140	2.4463623	2.4463622	2.4463617	2.4463623	2.4463623	2.4431728	2.4335909	2.4456310	2.4463622	2.4463622	2.444693044
160	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463622	2.4463623	2.4463622	2.4463622	2.4463615	2.4291823	2.4372816	2.443736172
180	2.4463620	2.4463622	2.4463622	2.4463622	2.4463623	2.4463609	2.4463623	2.4463622	2.4463623	2.4463622	2.44636211
200	2.4463623	2.4463622	2.4463622	2.4463623	2.4463622	2.4463622	2.4463604	2.4463619	2.4463623	2.4463622	2.44632074

2. Hasil Pengujian Jumlah Iterasi

Jumlah iterasi	Fitness Percobaan Ke-										Rata-rata Fitness
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	2.4278102	2.4457774	2.4256016	2.4377226	2.430373	2.4316392	2.4463609	2.4433558	2.4425040	2.4288745	2.436002066
40	2.4279960	2.4463622	2.4377133	2.4427993	2.4463622	2.4463622	2.4435766	2.4463623	2.4463619	2.4463623	2.443025884
60	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362309
80	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362309
100	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362309
120	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362309
140	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362309
160	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362309
180	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362309
200	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362309

3. Hasil Pengujian Bobot Inersia

Bobot Inersia		Fitness Percobaan Ke-										Rata-rata Fitness
w_{min}	w_{max}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.4	0.5	2.4304423	2.4301959	2.4259588	2.4203906	2.4313423	2.4405309	2.4301574	2.4210322	2.4327004	2.4293294	2.429208006
0.4	0.6	2.4284113	2.4332534	2.4244845	2.4367261	2.4418402	2.425123	2.4463623	2.4363899	2.4258633	2.4363236	2.433477764
0.4	0.7	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4452496	2.446251034
0.4	0.8	2.4463623	2.4340015	2.4455444	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.445044433
0.4	0.9	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362304
0.5	0.9	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4322644	2.446362	2.4463623	2.4463623	2.444952477
0.6	0.9	2.4463623	2.4463623	2.4463422	2.4463578	2.4463623	2.4463623	2.4463604	2.4463623	2.4463623	2.4463566	2.446359086
0.7	0.9	2.4463619	2.4325051	2.4463623	2.4463603	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463621	2.4463623	2.4463622	2.444976301
0.8	0.9	2.4463613	2.4345504	2.4463604	2.4463504	2.4463622	2.4463616	2.4463621	2.4463531	2.4463595	2.4463622	2.445178323

4. Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi

Koefisien Akselerasi				Fitness Percobaan Ke-										Rata-rata Fitness
c_1		c_2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
c_{1i}	c_{1f}	c_{2i}	c_{2f}											
2	1	1	2	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4329634	2.4410403	2.4418105	2.4390316	2.4463623	2.4435018	2.4463623	2.44301592
2.25	0.5	0.5	2.25	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4330235	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.445028424
2.5	0.5	0.5	2.5	2.4463623	2.4463623	2.4463622	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.446362297
2.5	0.75	0.75	2.5	2.4463623	2.4329634	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.4463623	2.445022415

5. Hasil Pengujian Global

Jumlah iterasi	Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata Fitness
	1	2	3	4	5	
45	2.446362309	2.446362308	2.446362309	2.446362308	2.446362307	2.446362308

5.1 Hasil Perhitungan Nilai *Fitness* Hasil Observasi di BBIB Singosari, Malang

No.	Keadaan Sapi	Bahan Pakan	Jumlah Pakan (kg)	Nutrisi BK	Kebutuhan Nutrisi BK	Nutrisi TDN	Kebutuhan Nutrisi TDN	Nutrisi PK	Penalty Total	Cost	Fitness
1	Bangsa : Limousin	Hijauan	50	25.675	15.54	13.351	8.2	2.5726	0	15000	0.148698885
	Pejantan : Audi	Silase	4	0.934		0.5043		0.0807		6000	
	BB : 1114 kg	Konsentrat	6.5	5.8487		4.4263		1.0521		42250	
	Umur : 11 tahun	Hay	1	0.8696		0.4390		0.0727		2500	
Jumlah				33.3273	15.54	18.7205	8.2	3.7782	0	65750	

5.2 Hasil Perhitungan Nilai *Fitness* dengan Sistem Optimasi Komposisi Pakan Bibit Unggul Sapi Jantan menggunakan PSO

No.	Keadaan Sapi	Bahan Pakan	Jumlah Pakan (kg)	Nutrisi BK	Kebutuhan Nutrisi BK	Nutrisi TDN	Kebutuhan Nutrisi TDN	Nutrisi PK	Penalty Total	Cost	Fitness
1	Bangsa : Limousin	Hijauan	20.002	10.271	15.54	5.3409	8.2	1.0292	0	6000.505	0.244633954
	Pejantan : Audi	Silase	12.001	2.8023		1.513		0.2421		18001.515	
	BB : 1114 kg	Konsentrat	2.5	2.2495		1.7024		0.4047		16250	
	Umur : 11 tahun	Hay	0.25	0.2174		0.1097		0.0182		625	
Jumlah				15.5402	15.54	8.6661	8.2	1.6941	0	40877.020	